



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC4542

MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL PESONA PEKANBARU MENGGUNAKAN BETON PRACETAK

ACHMAD CHABIBI
NRP. 10111715000038

Dosen Pembimbing 1 :
Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M EngSc. Ph D
NIP.19630726 198903 1 003

Dosen Pembimbing 2 :
YUYUN TAJUNNISA ST. MT.
NIP.197802012006042 002

**PROGRAM STUDI LANJUT JENJANG DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL - FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC4542

MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL PESONA PEKANBARU MENGGUNAKAN BETON PRACETAK

ACHMAD CHABIBI
NRP. 10111715000038

Dosen Pembimbing 1 :
Prof. Ir. MUHAMMAD SIGIT DARMAWAN, M EngSc. Ph D
NIP.19630726 198903 1 003

Dosen Pembimbing 2 :
YUYUN TAJUNNISA ST. MT.
NIP.197802012006042 002

PROGRAM STUDI LANJUT JENJANG DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL - FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

LEMBAR PENGESAHAN

Modifikasi Struktur Dan Metode Pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru Menggunakan Beton Pracetak

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada
Program Studi Lanjut Jenjang Diploma IV
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Disusun Oleh :



ACHMAD CHABIBI

NRP. 10111715000038

24 JUL 2018

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir Terapan

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II

Prof. Ir. M. Sigit Darmawan

NIP.19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT

NIP.19780201 200604 2 002



Surabaya, 30 Juni 2018



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diploimasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 ACHMAD CHABIBI 2
NRP : 1 10111715000038 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Struktur Dan metode pelaksanaan Hotel Pesona
 Pekanbaru menggunakan beton pracetak
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. MUHAMMAD SIBT DARMAWAN M.Eng.Sc Ph.D
 Yuyun Tajunnisa ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	08 - 02 - 2018	Asistensi review hasil sempro, identifikasi struktur, preliminary desain, pembebanan, penetapan tipe dan susunan pelat pracetak		B	C	K
		• Tambahkan ruang mesin lift di atas atap		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• pakai denah pelat precast alternatif 3				
		• Berikan alasan & penyelesaian thdp pakai pelat pracetak half slab sebutkan (+) & (-)		B	C	K
		• penentuan dimensi pelat pakai $\frac{1}{2} \times L$		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	15 - 02 - 2018	Asistensi permodelan elemen struktur ke program SAP.		B	C	K
		• Lihat muka air didalam data tanah untuk merencanakan sloof dan lantai basement		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• lanjutkan memodelkan tangga & lantai RAB				
3	02 - 03 - 2018	Asistensi input gaya ke program SAP		B	C	K
		• Cari lagi informasi beban gaya aeri saja yang diteri ma basement dan cara perhitungannya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Data tanah cari lebih lengkap ke proyek				
4	08 - 03 - 2018	Asistensi perhitungan gaya pada basement		B	C	K
		• Memakai metode rentine → Data tanah sbg		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Cari Informasi input beban merata Δ ke basement				

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

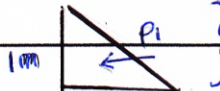
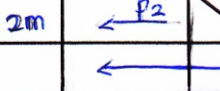
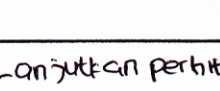
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

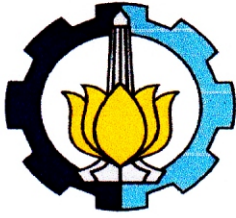
Nama : 1 Achmad Chabibi 2
NRP : 1 10111715000038 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi struktur dan metode pelaksanaan hotel pesona petanbaru menggunakan beton pracetak
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Muhammad Syit Darmawan M.Eng.Sc., Ph.D
 Yuyun Tajunnisa ST, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	15-03-2018	Asistensi input beban merata segitiga basement Ke program SAP dan kontrol Dinamis SAP				
		 } Dimasukkan sendiri		B	C	K
		 } Dimasukkan sendiri juga		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		 } Dimasukkan sendiri juga		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	16-03-2018	Lanjutan perhitungan kontrol dinamis		B	C	K
		• kontrol periode fundamental } sudah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• gaya geser dasar gempa } sudah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• kontrol Mass participation } sudah		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• simpangan antar lantai } Lanjutkan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Berat bangunan SAP & manual				
7	28-03-2018	- check dr awal semua input - Coba frame (putus / mnns) - Coba dual system - mana yg T masuk.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	03-4-2018	Asistensi permasalahan kontrol SAP		B	C	K
		• Coba jumlah mode diperbanyak		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Dimensi kolom dicatatkan saja dari bawah sampai ke atas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

• usahakan jangan memakai sharewall
 pertahankan pakar sistem tunggal karena itu tantangan.

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Achmad chabibi 2
NRP : 1 10111715000038 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi struktur dan metode pelaksanaan hotel pesona pekanbaru dengan menggunakan Beton pracetak

Dosen Pembimbing : prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan M.Eng.Sc.Pb.D
 Pugun Tajunnisa ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	11 - 04 - 2018	Kontrol periode fundamental				
		Gaya geser dasar gempa				
		Kontrol mass partisipasi		B	C	K
		simpangan antar lantai		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Lanjutkan kontrol berat bangunan				
		• Lanjutkan perhitungan tumpuan pelat				
10.	18 - 04 - 2018	Asistensi kontrol berat bangunan dan		B	C	K
		perhitungan pelat pracetak		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Lanjutkan---				
11	03 - 05 - 2018	Asistensi perhitungan tangga dan balok				
		perhitungan lift, Balok anak & induk		B	C	K
		perhitungan kolom		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Segera menghitung sambungan pracetak				
12.	31 - 06 - 2018	Asistensi perhitungan sambungan pracetak				
		(kolom → balok, Balok induk → Balok anak		B	C	K
		pelat → Balok), dan perhitungan Basement		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Perhitungan dinding geser TIDAK sama				
		seperti menghitung sharewall, cari literatur				
13	06 - 07 - 2018	Asistensi perbaikan basement → momen		B	C	K
		diamati dari program SAP dan pakai DIG		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Asistensi metode pelaksanaan → bucat				

Visual nya, cari literatur video dan proses pelaksanaannya.

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG
 TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 4/7/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Struktur Dan Metode Pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru Menggunakan Beton Pracetak		
Nama Mahasiswa	Achmad Chabibi	NRP	10111715000038
Dosen Pembimbing 1	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Dr. Yuyun T, ST. MT NIP 19780201 200604 2 002	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> - Perencanaan kolom kecil dan balok ✓ - Ganda dimensi kecil ✓ - Balok B1-2 ✓ - Ganda dimensi ✓ 	 Nur Ach. Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - Kontrol diafragma bagian atas balok ganda ✓ - Fungsi penyatuhan tumpuan plat tumpuan ✓ - Penulangan tumpuan ✓ 	 Ridho Bayuaji, St. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002
	-
	NIP -
	-
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
		-	-
Nur Ach. Husin, ST. MT NIP 19720115 199802 1 001	Ridho Bayuaji, St. MT. PhD NIP 19730710 199802 1 002	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	Dr. Yuyun T, ST. MT NIP 19780201 200604 2 002

MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL PESONA PEKANBARU MENGGUNAKAN BETON PRACETAK

Nama Mahasiswa : Achmad Chabibi
: NRP. 10111715000038
Jurusan : LJ-D4 Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan
: NIP.19630726 198903 1 003
Dosen Pembimbing 2 : Yuyun Tajunnisa ST. MT
: NIP.19780201 200604 2 002

ABSTRAK

Penyusunan tugas akhir ini mengambil objek data gedung Hotel Pesona Pekanbaru yang akan menjadi objek bahasan. Gedung tersebut telah dibangun di kota Pekanbaru dengan kategori tanah sedang. Pembangunan Hotel Pesona Pekanbaru menggunakan beton bertulang biasa dengan metode pengecoran ditempat (Insitu), menerapkan sistem struktur bangunan dual System, memiliki 11 lantai, 1 basement, dan beberapa bagian atap menggunakan material baja. Namun dalam pembahasan Tugas Akhir ini oleh penulis gedung Hotel Pesona Pekanbaru dilakukan modifikasi diantara nya yaitu perencanaan pembangunan menggunakan metode pracetak untuk elemen struktur pelat dan balok, hal ini dikarenakan element struktur gedung tersebut tipikal dan memiliki banyak keuntungan jika menerapkan metode pracetak dalam pembangunannya, Sistem struktur dimodifikasi dengan menggunakan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus), Jumlah lantai dipangkas menjadi 8 lantai, atap bangunan gedung direncanakan menggunakan deck beton, dan gedung ini dibangun di lokasi kota surabaya

Perencanaan struktur pada bangunan ini meliputi perhitungan struktur atas dan struktur bawah. Dimana strukturtu

atas terdiri dari perhitungan kolom, balok, pelat lantai, tangga, dan lift. Sedangkan struktur bawah terdiri dari perhitungan sloof dan Basement. Untuk material dalam perencanaan struktur menggunakan mutu bahan : $f_c' = 35 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$. Perhitungan yang dilakukan dalam tugas akhir ini mengacu pada peraturan yang ditetapkan pada SNI 7833-2012 tentang tata cara perencanaan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung, SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, PCI Design Handbook Precast & Prestressed Concrete 7th Edition, dan SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa.

Dari data perencanaan yang ada, dilakukan preliminary desain dimensi serta tebal elemen struktur. Selanjutnya, dilakukan perhitungan penulangan berdasarkan hasil gaya yang di dapat dari SAP 2000 serta pendesainan sambungan. Perencanaan akhir berupa metode pelaksanaan pengerjaan. Dari hasil perhitungan yang dilakukan akan dituangkan dalam bentuk laporan dengan disertai gambar teknik yang dapat dijadikan acuan dalam pelaksanaan pembangunan.

Adapun hasil modifikasi yang didapatkan dari tugas akhir ini yaitu dimensi balok induk 400/600, balok anak 300/400, tebal plat 120 (70 pracetak dan 50 cor ditempat), dan dimensi kolom 750/750. Sedangkan sambungan yang digunakan antara lain untuk sambungan balok induk-kolom menggunakan sambungan basah menerus disertai korbels, sambungan balok anak-balok induk menggunakan sambungan angkur dan korbels, dan sambungan pelat-balok menggunakan sambunga basah menerus.

Kata kunci : Beton Pracetak, SRPMK, Metode Pelaksanaan Elemen Pracetak

STRUCTURE MODIFICATION AND IMPLEMENTATION METHOD OF PEKANBARU HOTEL WITH PRECAST CONCRETE

Student : Achmad Chabibi
: NRP. 10111715000038
Faculty : LJ-D4 Civil Infrastructure

1st Counsellor Lecturer : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan
: NIP.19630726 198903 1 003
2st Counsellor Lecturer : Yuyun Tajunnisa ST. MT
: NIP.19780201 200604 2 002

ABSTRACT

The arrangement of this final project takes the data object of Hotel Pesona Pekanbaru building which will become the object of discussion. The building has been built in the city of Pekanbaru with the category of medium soil. The construction of Hotel Pesona Pekanbaru was using an ordinary reinforced concrete with in place method foundry (Insitu), implements dual system structure system, has 11 floors, 1 basement, and some roof parts using steel material. However, in the discussion of this Final Project by the writer of Hotel Pesona Pekanbaru building modifications are made which is construction plan using precast method for plate structure elements and beams, this is because the element of the building structure is typical and has many advantages when applying precast method in its development, the structure system is modified by using SRPMK (Special Moment Resisting Frame System), number of floors trimmed to 8 floors, roof of building building planned by concrete deck, and this building was built at the location of surabaya city

Structure planning in this building include the calculation of upper structure and bottom structure. Where the upper

structure consists of columns, beams, floor plates, stairs, and elevators. While the bottom structure consists of calculation of sloof and basement. For materials in structural plan is using material quality: $f_c = 35$ MPa, $f_y = 400$ MPa. The calculations performed in this final project refers to the regulations set forth in SNI 7833-2012 on the procedures of precast concrete planning and prestressed concrete for building structures, SNI 2847-2013 on structural concrete requirements for building, PCI Design Handbook Precast & Prestressed Concrete 7th Edition, and SNI 1726-2012 on earthquake resistance planning procedures.

From the existing planning data, preliminary design is done to determine dimensions and thick elements of the structure. Furthermore, the calculation of reinforcement is done based on the results of forces from SAP 2000 and connection designing. Final planning in the form of implementation method of workmanship. From the results of calculations that has been done it will be arranged in the form of reports with engineering drawings that can be used as a reference in the implementation of development.

The modification results obtained from this final task are the dimensions of the primary beam 400/600, secondary beam 300/400, plate thickness 120 (70 precast and 50 cast in place), and 750/750 column dimensions. While the joints that are used for parent-column connections is using a continuous wet joints with corbels, and the joists connecting blocks using anchor and korbels connections.

Keyword: *Precast Concrete, SRPMK, Implementation Method of Precast Element*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya, serta shalawat dan salam yang selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis diberi kesehatan dan kekuatan untuk menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir Terapan dengan judul "**Modifikasi Struktur Dan Metode Pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru Dengan Menggunakan Beton Pracetak**" sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan, pada Program Studi Lanjut Jenjang Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan proyek akhir terapan ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan, dan dukungan moral serta materiil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua serta keluarga yang tiada hentin memberikan doa dan semangat serta dukungan kepada penulis.
2. Bapak Prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan, M EngSc. Ph D& Ibu Yuyun Tajunnisa ST. MT. Selaku dosen pembimbing.
3. Teman-teman yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tak lepas dari banyak kesalahan. Oleh karenanya penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan selanjutnya.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, 30 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Sistematika Laporan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Beton Pracetak.....	7
2.2 Keuntungan dan Kekurangan Beton Pracetak	8
2.3 Elemen Beton Pracetak.....	10
2.3.1 Pelat.....	10
2.3.2 Balok	12
2.4 Perencanaan Sambungan Beton Pracetak	14
2.4.1 Sambungan Cor Setempat.....	15
2.4.2 Sambungan Las	16
2.4.3 Sambungan Baut.....	17
2.5 Tipe Sambungan.....	17
2.5.1 Sambungan Antar Balok Pracetak	18
2.5.2 Sambungan Pelat Pracetak dengan Balok Pracetak....	18
2.5.3 Jenis Sambungan Balok ke Kolom	19
2.5.4 Sambungan Pelat ke Pelat	22
2.6 Titik Angkat Elemen Pracetak	23
2.6.1 Pengangkatan Pelat Pracetak	23

2.6.2	Pengangkatan Baalok Pracetak	25
2.7	Fase Penanganan Produk Pracetak	27
2.7.1	Pengangkatan dari Bekisting Modul (stripping).....	27
2.7.2	Penempatan ke lokasi penyimpanan (Yard handling and storage)	27
2.7.3	Transportasi ke Lokasi	27
2.7.4	Pemasangan (Erection)	28
2.8	Metode Konstruksi Sistem Pracetak	28
2.9	Struktur Basement	30
2.10	Tinjauan Studi TAT Terdahulu	31
BAB III METODOLOGI		33
3.1	Data Perencanaan	35
3.1.1	Data bangunan	35
3.1.2	Data Material	35
3.1.3	Data Tanah.....	36
3.1.4	Study Literatur	36
3.2	Penentuan Kriteria Desain	37
3.3	Penentuan Dimensi Struktur (<i>Preliminary Design</i>)	39
3.4	Analisa Pembebanan.....	39
3.4.1	Beban Mati	39
3.4.2	Beban Hidup	40
3.4.3	Beban Angin	40
3.4.4	Beban gempa	42
3.5	Permodelan Struktur	43
3.6	Analisa Gaya Dalam dan Kombinasi Pembebanan	45
3.7	Pehitungan Struktur Bangunan	47
3.7.1	Perhitungan Struktur Sekunder	47
3.7.2	Perhitungan Struktur Primer	47
3.7.3	Perhitungan Struktur Basement	48
3.8	Gambar Perencanaan	49
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1	Perencanaan Dimensi (Preliminary Design).....	51
4.1.1	Perencanaan Dimensi Balok	51
4.1.2	Perencanaan Dimensi Kolom.....	52
4.1.3	Perencanaan Dimensi Pelat.....	55

4.1.4 Perencanaan Dimensi Tangga	56
4.2 Perhitungan Pembebanan	57
4.2.1 Pembebanan Struktur Pelat Lantai	57
4.2.2 Pembebanan Struktur Tangga	62
4.2.3 Pembebanan Dinding.....	63
4.2.4 Pembebanan Angin	65
4.2.5 Pembebanan Gempa	72
4.3 Permodelan Struktur dan Kontrol Dinamis.....	78
4.3.1 Kontrol Periode Fundamental	78
4.3.2 Kontrol Mass Participation	78
4.3.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa.....	79
4.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai	80
4.3.5 Kontrol Berat Bangunan	81
4.4 Perhitungan Struktur Sekunder.....	91
4.4.1 Perhitungan Tulangan Pelat Pracetak.....	91
4.4.1.1 Data Perencanaan Pelat	91
4.4.1.2 Tahapan Pengerjaan Pracetak	91
4.4.1.3 Pembebanan Pelat Lantai	91
4.4.1.4 Penulangan Pelat Kondisi Pengangkatan.....	93
4.4.1.5 Perencanaan Pelat Kondisi Sebelum Komposit ..	104
4.4.1.6 Penulangan Pela Kondisi Setelah Komposit.....	112
4.4.1.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan	119
4.4.1.8 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan	121
4.4.1.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan	124
4.4.1.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran.....	125
4.4.1.11 Penulangan Overtopping	127
4.4.1.12 Penulangan Stud Pelat Lantai	128
4.4.1.13 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat	130
4.4.1.14 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand	130
4.4.1.15 Cek Pelat sebagai Diafragma.....	134
4.4.2. Perhitungan Tulangan Tangga	135
4.4.3 Perencanaan Balok Anak	144
4.2.3.1 Data Perencanaan	144

4.2.3.2	Pembebanan Balok Anak.....	145
4.2.3.3	Perhitungan Momen dan Geser	147
4.2.3.4	Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak	150
4.2.3.5	Perhitungan Tulangan Geser Balok anak.....	157
4.4.4	Perhitungan Struktur Balok Lift.....	158
4.5	Detail Perhitungan Struktur Primer	189
4.5.1	Desain Struktur Balok Induk Pracetak	190
4.5.1.1	Pembebanan Balok Induk Pracetak BI-2	191
4.5.1.2	Penulangan Lentur BI-2 Saat Pengangkatan.....	193
4.5.1.3	Penulangan Lentur BI-2 Kondisi Sebelum Komposit.....	198
4.5.1.4	Penulangan Lentur BI-2 Kondisi Setelah Komposit	203
4.5.1.5	Penulangan Geser BI-2.....	212
4.5.1.6	Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan	215
4.5.1.7	Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand	216
4.5.1.8	Kontrol Tegangan Saat Penumpukan	218
4.5.1.9	Kontrol Tegangan Saat Pemasangan	220
4.5.1.10	Kontrol Tegangan Saat Pengecoran (Sesudah Komposit).....	221
4.5.2	Desain Struktur Kolom	223
4.5.2.1	Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa.....	224
4.5.2.2	Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur	224
4.5.2.3	Cek Syarat “ <i>Strong Coloumn Weak Beam</i> ”	225
4.5.2.4	Perhitungan Tulangan Transversal sebagai <i>Confinement</i>	228
4.5.2.5	Perhitungan Gaya Geser Desain (Ve)	230
4.5.2.6	Perhitungan Sambungan Lewatan	232
4.5.3	Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)	233
4.5.4	Desain Sambungan Pracetak.....	236
4.5.4.1	Sambungan Balok Induk dengan Kolom	236

4.5.4.2 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk ...	249
4.5.4.3 Sambungan Pelat dengan Balok Induk	254
4.5.4.4 Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Topping Cor Insitu (Penghubung Geser)	255
4.6 Perencanaan Basement	258
4.5.1 Penulangan Dinding Basement	258
4.5.2 Penulangan Lantai Basement	259
4.7 Metode Pelaksanaan	262
4.7.1 Fabrikasi	262
4.7.2 Transportasi	263
4.7.3 Penyimpanan	264
4.7.4 Pengangkatan	264
4.7.5 Pemasangan & Pengecoran	265
4.7.6 Perawatan	269
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	271
5.1 Kesimpulan	271
5.2 Saran	272
DAFTAR PUSTAKA	xxi
LAMPIRAN 1 : Data Tanah	xxii
LAMPIRAN 2 : Brosur Beban Mati dan Tower Crane	xxiii
LAMPIRAN 3 : Gambar Teknik	xxiv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Hollow Core Slabs	11
Gambar 2. 2. Solid Slabs	11
Gambar 2. 3. Double Tee Slab	12
Gambar 2. 4. Rectagular Beam.....	12
Gambar 2. 5. Ledger Beam	13
Gambar 2. 6. Inverted Tee Beam.....	13
Gambar 2. 7. Sambungan Dengan Cor Setempat.....	16
Gambar 2. 8. Sambungan dengan Las	16
Gambar 2. 9. Sambungan dengan menggunakan baut	17
Gambar 2. 10. Sambungan Balok - pelat pracetak.....	18
Gambar 2. 11. Sambungan Billet.....	20
Gambar 2. 12. Sambungan Plat	21
Gambar 2. 13. Sambungan Korbel	22
Gambar 2. 14. Sambungan Loop	22
Gambar 2. 15. Sambungan Menerus.....	23
Gambar 2. 16. Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	24
Gambar 2. 17. Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)	24
Gambar 2. 18. Pengangkatan Balok Pracetak	25
Gambar 2. 19. Model Pembebanan Balok Pracetak saat Pengangkatan	25
Gambar 2. 20. Titik Angkat dan Sokongan Sementara untuk Produk Pracetak Balok	26
Gambar 2. 21. Tekanan Tanah yang Terjadi pada Area Basement	30
Gambar 2. 22. Metode Bottom Up	31
 Gambar 3. 1. Diagram Metodologi Perhitungan Gedung	34
Gambar 3. 2. Model Perencanaan Struktur Hotel Pesona Pekanbaru	44

Gambar 4. 1. Sketsa Penulangan Pelat Arah X Saat Pengangkatan	94
Gambar 4. 2. Diagram Tegangan Pelat Arah X Saat Pengangkatan	95
Gambar 4. 3. Sketsa Penulangan Pelat Arah Y Saat Pengangkatan	97
Gambar 4. 4. Diagram Tegangan Pelat Arah Y Saat Pengangkatan	99
Gambar 4. 5. Skema Pengangkatan Pelat Lantai	101
Gambar 4. 6. Diagram gaya geser horizontal penampang komposit.....	128
Gambar 4. 7. Momen pengangkatan pelat arah i	131
Gambar 4. 8. Momen pengangkatan pelat arah j	131
Gambar 4. 9. Pengangkatan Tulangan Angkat Pelat Pracetak	133
Gambar 4. 10. Momen Saat Pengangkatan Balok Anak	148
Gambar 4. 11. Model dan Jenis Lift	159
Gambar 4. 12. Denah Balok Lift	160
Gambar 4. 13. Kolom yang ditinjau	223
Gambar 4. 14. Diagram Interaksi pada Program SPColumn ..	224
Gambar 4. 15. Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain..	227
Gambar 4. 16. Diagram tegangan pada dinding basement.....	258
Gambar 4. 17. Spesifikasi Truck HINO	263
Gambar 4. 18. Pemasangan Bekisting untuk Pembuatan Kolom	267
Gambar 4. 19. Pemasangan Balok Induk Pracetak	268
Gambar 4. 20. Pemasangan Balok Anak Pracetak	268

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Perbedaan Metode Penyambungan	15
Tabel 2. 2. Toleransi Pada d dan Selimut Beton.....	20
Tabel 2. 3. Angka Pengali Beban Statis Ekvivalen.....	26
Tabel 4. 1. Beban setiap ruangan per lantai	61
Tabel 4. 2. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Struktur lainnya	67
Tabel 4. 3. Faktor Arah Angin (Kd)	67
Tabel 4. 4. Menentukan Nilai Koefisien Tekanan Dinding (Cp) ..	70
Tabel 4. 5. Nilai Cp bangunan gedung hotel Pekanbaru	70
Tabel 4. 6. Nilai Beban Angin Terdistribusi pada setiap kolom ..	71
Tabel 4. 7. Rekapitulasi Nilai Parameter Respon Spektrum Desain	76
Tabel 4. 8. Berat Bangunan (W) pada Tiap Lantai	82
Tabel 4. 9. Kapasitas Lift	159
Tabel 4. 10. Hasil Output Gaya-Gaya Dalam	160

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton (mm^2)
A_l	= Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm^2)
A_o	= Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm^2)
A_{oh}	= Luas daerah yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar (mm^2)
A_s	= Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)
A_{sc}	= Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur (mm^2)
A_s'	= Luas tulangan tekan non prategang (mm^2)
A_t	= Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm^2)
A_v	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm^2)
b_o	= Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)
b_w	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C_c'	= Gaya pada tulangan tekan
C_s'	= Gaya tekan pada beton
d	= tinggi efektif balok maupun kolom
D	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E_c	= Modulus elastisitas beton (MPa)
I_b	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok
I_p	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
f_c'	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)

- f_y = Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
 f_{vy} = Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
 f_{ys} = Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
 f_s = Faktor aman yang disarankan Reese dan O'Neil (1989)
 h = Tinggi total dari penampang
 h_n = Bentang bersih kolom
 L_n = Bentang bersih balok
 M_u = Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
 M_{nb} = Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
 M_{nc} = Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
 M_n = Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
 M_{nl} = Momen kapasitas balok penampang kiri(Nmm)
 M_{nr} = Momen kapasitas balok penampang kanan (Nmm)
 M_{nt} = Momen kapasitas balok penampang atas (Nmm)
 M_{nx} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
 M_{ny} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
 M_1 = Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal,negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
 M_2 = Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)
 M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional(ordepertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal. negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)

- M2ns = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
- M1s = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
- M2s = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
- n = Banyak tulangan yang dibutuhkan
- Nspt = Nilai hasil Test Penetrasi standart pada suatu lapisan tanah, gaya normal secara umum
- Nu = Beban aksial terfaktor
- Pcp = keliling luar penampang beton (mm)
- P b = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
- Pc = Beban kritis (N)
- PCP = Keliling penampang beton (mm)
- Ph = Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
- Pn = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- Po = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol (N)
- Pu = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- R = Faktor reduksi gempa, rasio anatar beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat

pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representatif struktu gedung tidak beraturan

- Rsx = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X
- Rsy = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y
- S = Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan (N)
- T = Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya faktor respons gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana
- t_i = Tebal lapisan tanah ke-i
- Tn = Kuat momen torsi nominal (Nmm)
- Tu = Momen torsi tefaktor pada penampang (Nmm)
- Vc = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- Vn = Pengaruh gempa rencana pada taraf pembebanan nominal untuk strukutr gedung dangan tingkatan daktilitas umum, pengaruh gempa rencana pada saat didalam struktur terjadi pelelehan pertama yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f1
- Vs = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
- Vu = Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
- α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasisecara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
- α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
- β = Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
- β_d = Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum

ρ	= Rasio tulangan tarik
ρ'	= Rasio tulangan tekan
ρ_b	= Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{ma}	= Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{mi}	= Rasio tulangan tarik minimum
ϵ_c	= Regangan dalam beton
λ_d	= Panjang penyaluran
λ_{db}	= Panjang penyaluran dasar
λ_{dh}	= Panjang penyaluran kait standar tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan).
λ_{hb}	= Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik
λ_n	= Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif
λ_u	= Panjang bebas (tekuk) pada kolom
δ_{ns}	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
δ_s	= Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi
μ	= Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadi pelelehan pertama
ψ	= Faktor kekangan ujung – ujung kolom

Halaman ini sengaja dikosongkan !

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai Perkembangan jumlah penduduk di Indonesia dinilai sangat meningkat pesat. Laju pertumbuhan di Indonesia cukup signifikan menurut Kepala Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (2015) yakni 1,49 persen. Seiring meningkatnya jumlah penduduk maka kebutuhan akan tempat hunian pun juga meningkat. Hal tersebut dapat dilihat dari akhir-akhir ini telah banyak pembangunan gedung yang dibangun bahkan tidak hanya untuk hunian, tetapi juga untuk keperluan bisnis ataupun keperluan lainnya yang berakibat pada penyempitan lahan. Masyarakat mulai susah mencari lahan untuk tempat tinggal di kota-kota besar. Cara untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan membangun gedung-gedung tinggi untuk tempat tinggal seperti Hotel, apartement, dan lainnya. Banyak pebisnis yang mulai berlomba-lomba berinvestasi untuk mendirikan bisnis gedung tinggi ini dengan cepat. Maka perlu dicari solusi agar pembangunan gedung tinggi tersebut dapat terlaksana dengan cepat, efisien, ekonomis, dan tanpa mengurangi kekakuan antar komponen struktur bangunan. Salah satu metode konstruksi yang cocok adalah metode pracetak (*precast*).

Menurut SNI-2847:2013 beton pracetak adalah elemen struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Artinya beton yang dibuat dengan metode pencetakan komponen secara mekanisasi dalam pabrik (*Fabrication*) dan dipasang (*Instalation*) ke lapangan/site setelah beton cukup umur. Metode beton pracetak adalah salah satu metode yang sangat menunjang dalam proses pembangunan dengan kebutuhan kecepatan pengerjaan yang tinggi. Metode pracetak yang mulai populer akhir-akhir ini telah terbukti dapat diandalkan untuk menggantikan sistem konvensional (sistem yang di cor ditempat). Namun perlu diingat bahwa metode pracetak ini baru efektif dan efisien bila diterapkan pada pekerjaan yang sifatnya berulang dan massal. Sehingga lebih mudah dan cepat dalam pengerjaan,

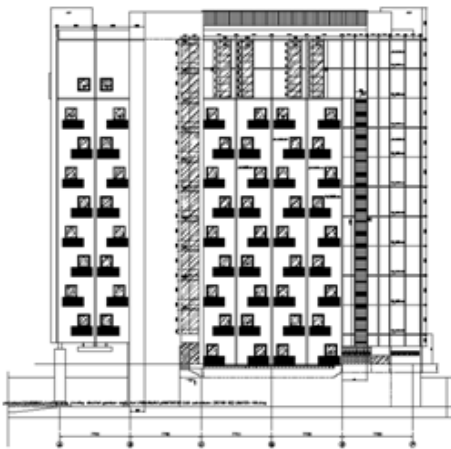
karena hanya membutuhkan beberapa dimensi bekisting. (Tjahjono dkk, 2004)

Penggunaan metode pracetak memiliki keunggulan dibandingkan beton cor ditempat (Insitu). Beberapa keunggulannya antara lain pengendalian mutu teknis dapat tercapai, karena proses produksi dikerjakan di pabrik dan dilakukan pengujian laboratorium, waktu pelaksanaan lebih singkat dan praktis sehingga dapat mengurangi biaya pembangunan, proses produksi tidak tergantung cuaca, tidak memerlukan tempat penyimpanan material yang luas, hemat akan bekisting dan penopang bekisting, berwawasan lingkungan, serta kemudahan dalam pelaksanaannya sehingga dapat mereduksi durasi proyek dan secara otomatis biaya yang dikeluarkan menjadi lebih kecil. Namun metode pracetak juga memiliki kekurangan yaitu membutuhkan peralatan mesin lebih banyak, sambungan merupakan titik lemah sehingga tidak dianjurkan dibangun di daerah zona gempa tinggi, dan harga lebih mahal dibandingkan cor ditempat (Insitu) jika elemen struktur yang dipracetak terlalu banyak variatif.

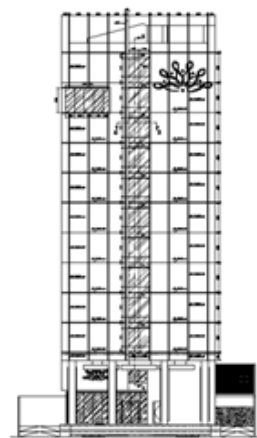
Pada tugas akhir ini penulis menggunakan data gedung Hotel Pesona Pekanbaru yang akan menjadi objek bahasan. Gedung tersebut dibangun dengan menggunakan beton bertulang biasa dengan metode pengecoran ditempat (Insitu), menerapkan sistem struktur bangunan dual System, memiliki 11 lantai, 1 basement, dan beberapa bagian atap menggunakan material baja. Kemudian oleh penulis gedung Hotel Pesona Pekanbaru dilakukan modifikasi menggunakan metode pracetak untuk elemen struktur pelat dan balok, hal ini dikarenakan element struktur gedung tersebut tipikal dan memiliki banyak keuntungan jika menerapkan metode pracetak dalam pembangunannya, Sistem struktur dimodifikasi dengan menggunakan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus), Jumlah lantai dipangkas menjadi 8 lantai, serta atap bangunan gedung direncanakan menggunakan deck beton.

Modifikasi Bangunan Dalam Tugas Akhir

No.	Variabel	Kondisi Eksisting	Perencanaan Tugas Akhir
1.	Metode Pengecoran	Cast In Situ	Precast
2.	Sistem Struktur	Dual Sistem	SRPMK
3.	Jumlah lantai	12 Lantai	8 Lantai
4.	Penulangan Pelat	Two Way	One Way
5.	Konstruksi Atap	Atap Baja	Atap Beton
6.	Lokasi	Pekanbaru	Surabaya



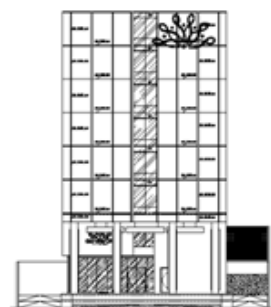
Gambar Eksisting Tampak Samping Kanan



Gambar Eksisting Tampak Depan



Gambar Modifikasi Tampak Samping Kanan



Gambar Modifikasi Tampak Depan

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa perumusan masalah yang akan ditinjau dalam penyusunan Tugas Akhir "Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru Menggunakan Metode Pracetak" ini yaitu :

1. Bagaimana mendesain elemen-elemen pracetak yang kuat menahan beban-beban yang ada serta gaya yang timbul akibat proses pelaksanaan selama fabrikasi hingga terpasang menjadi satu kesatuan struktur bangunan?
2. Bagaimana merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perancangan struktur?
3. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perancangan kedalam gambar teknik?
4. Bagaimana membuat metode pelaksanaan pengerjaan plat dan balok pracetak?

1.3 Tujuan

Tugas Akhir ini mengenai "Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru Menggunakan Metode Pracetak" dimaksudkan untuk mencapai beberapa tujuan yaitu :

1. Dapat mendesain elemen-elemen pracetak yang kuat menahan beban-beban yang ada serta gaya yang timbul akibat proses pelaksanaan selama fabrikasi hingga terpasang menjadi satu kesatuan struktur bangunan.
2. Menghasilkan perhitungan sambungan yang memenuhi kriteria perancangan struktur.
3. Mengaplikasikan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam bentuk gambar teknik.
4. Mampu membuat metode pelaksanaan pengerjaan plat dan balok pracetak.

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir "Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru Menggunakan Metode Pracetak" adalah:

1. Beton pracetak yang digunakan adalah beton pracetak biasa (non prestress).

2. Menggunakan metode pracetak hanya pada elemen balok dan pelat.
3. Metode pelaksanaan hanya meliputi balok dan pelat.
4. Tidak meninjau pondasi bangunan.
5. Perhitungan perencanaan detail rangka utama struktur hanya meninjau 2 portal yaitu portal memanjang dan portal melintang.
6. Perhitungan beban gempa yang bekerja menggunakan gempa dinamis 2500 tahun.
7. Perencanaan gedung ini tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, utilitas, maupun segi arsitektural lainnya.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir Terapan ini yaitu :

1. Untuk meningkatkan kemampuan dalam perencanaan struktur beton bangunan gedung sesuai fungsi bangunan, wilayah kegempaan, dan aturan perencanaan sesuai Standar Nasional Indonesia.
2. Untuk mengaplikasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan yang berkaitan dengan teori dan perencanaan struktur beton dengan data gedung yang nyata.
3. Sebagai sarana melatih kemampuan dalam menghadapi dunia kerja.
4. Untuk mendapatkan suatu desain bangunan gedung yang mampu menahan gempa pada daerah Surabaya.

1.6 Sistematika Laporan

Pada penyusunan laporan Tugas Akhir Terapan ini akan membahas pokok bahasan dengan sistematika laporan sebagai berikut :

1. BAB I : Pendahuluan
2. BAB II : Tinjauan Pustaka
3. BAB III : Metodologi
4. BAB IV : Pembahasan

- 4.1 Preliminasi Desain
- 4.2 Pembebanan Struktur Bangunan
- 4.3 Perencanaan Struktur Sekunder
- 4.4 Permodelan Struktur
- 4.5 Perhitungan Struktur Utama
- 4.6 Perencanaan Sambungan
- 4.7 Perencanaan Basement
- 4.8 Metode Pelaksanaan

- 5. BAB V : Penutup
- Lampiran : Penggambaran Teknik Hasil Perhitungan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan pada tujuan yang ingin dicapai oleh penulis, maka diperlukan tinjauan pustaka yang akan menjelaskan secara informatif tentang perhitungan perencanaan struktur beton bertulang Hotel Pesona Pekanbaru Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan pelat dan balok pracetak beserta metode pelaksanaannya, agar dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan baik, benar, dan sesuai peraturan yang berlaku. Peraturan terkait yang digunakan dalam perhitungan struktur beton bertulang Hotel Pesona Pekanbaru ini adalah :

1. SNI 7833-2012 Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung.
2. PCI Design Handbook *Precast & Prestressed Concrete* 7th Edition.
3. SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
4. SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.
5. SNI 03-1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.

2.1 Beton Pracetak

Beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus. SNI 03-2847-2013 mendefinisikan beton pracetak sebagai komponen beton yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Struktur dan komponen pracetak harus direncanakan memenuhi ketentuan kekuatan, lendutan, keteguhan join dan kemudahan dalam proses pabriikasi dan ereksi, sebagai berikut :

1. Perencanaan komponen struktur beton pracetak harus mempertimbangkan semua kondisi pembebanan dan kendala mulai dari saat pabriikasi awal, hingga selesainya pelaksanaan struktur, termasuk pelepasan cetakan, penyimpanan, pengangkutan, dan ereksi.

2. Dalam konstruksi beton pracetak yang tidak berperilaku secara monolit, pengaruh pada semua detail sambungan dan pertemuan harus dipertimbangkan untuk menjamin tercapainya penampilan yang baik dari sistem struktur.
3. Pengaruh dari lendutan awal dan lendutan jangka panjang harus dipertimbangkan, termasuk pengaruh dari komponen struktur lain yang saling berhubungan.
4. Perencanaan dari join dan tumpuan harus mencakup pengaruh dari semua gaya yang akan disalurkan termasuk susut, rangkai, suhu, deformasi elastis, angin dan gempa.
5. Semua detail harus direncanakan agar mempunyai toleransi yang cukup terhadap proses pabriikasi dan ereksi dan terhadap tegangan sementara yang terjadi pada saat ereksi.

2.2 Keuntungan dan Kekurangan Beton Pracetak

Hendrawan Wahyudi dan Hery Dwi Hanggoro (2010) menjelaskan bahwa struktur elemen pracetak memiliki beberapa keuntungan dibandingkan struktur konvensional, yaitu :

1. Penyederhanaan pelaksanaan konstruksi.
2. Waktu pelaksanaan yang cepat.
3. Waktu pelaksanaan struktur merupakan pertimbangan utama dalam pembangunan suatu proyek karena sangat erat kaitannya dengan biaya proyek. Struktur elemen pracetak dapat dilaksanakan di pabrik bersamaan dengan pelaksanaan pondasi di lapangan.
4. Penggunaan material yang optimum serta mutu bahan baik.
5. Salah satu alasan mengapa struktur elemen pracetak sangat ekonomis dibandingkan dengan struktur yang dilaksanakan di tempat (*cast in-situ*) adalah penggunaan cetakan beton yang tidak banyak variasi dan biasa digunakan berulang-ulang, mutu material yang dihasilkan pada umumnya sangat baik karena dilaksanakan dengan standar-standar yang baku, pengawasan dengan sistem komputer yang teliti dan ketat.
6. Penyelesaian *finishing* mudah.
7. Variasi untuk permukaan *finishing* pada struktur elemen pracetak dapat dengan mudah dilaksanakan bersamaan dengan

pembuatan elemen tersebut di pabrik, seperti: warna dan model permukaan yang dapat dibentuk sesuai dengan rancangan

8. Tidak dibutuhkan lahan proyek yang luas, mengurangi kebisingan, lebih bersih dan ramah lingkungan.
9. Dengan sistem elemen pracetak, selain cepat dalam segi pelaksanaan, juga tidak membutuhkan lahan proyek yang terlalu luas serta lahan proyek lebih bersih karena pelaksanaan elemen pracetaknya dapat dilakukan dipabrik.
10. Perencanaan berikut pengujian di pabrik.
11. Elemen pracetak yang dihasilkan selalu melalui pengujian laboratorium di pabrik untuk mendapatkan struktur yang memenuhi persyaratan, baik dari segi kekuatan maupun dari segi efisiensi.
12. Sertifikasi untuk mendapatkan pengakuan Internasional. Apabila hasil produksi dari elemen pracetak memenuhi standarisasi yang telah ditetapkan, maka dapat diajukan untuk mendapatkan sertifikasi ISO yang diakui secara internasional.
13. Secara garis besar mengurangi biaya karena pengurangan pemakaian alat-alat penunjang, seperti :*scaffolding* dan lain-lain.
14. Kebutuhan jumlah tenaga kerja dapat disesuaikan dengan kebutuhan produksi.

Namun demikian, selain memiliki keuntungan, struktur elemen pracetak juga memiliki beberapa keterbatasan antara lain :

1. Tidak ekonomis bagi produksi tipe elemen yang jumlahnya sedikit.
2. Perlu ketelitian yang tinggi agar tidak terjadi deviasi yang besar antara elemen yang satu dengan elemen yang lain, sehingga tidak menyulitkan dalam pemasangan di lapangan
3. Panjang dan bentuk elemen pracetak yang terbatas, sesuai dengan kapasitas alat angkat dan alat angkut.
4. Jarak maksimum transportasi yang ekonomis dengan menggunakan truk adalah antara 150 sampai 350 km, tetapi ini

juga tergantung dari tipe produknya. Sedangkan untuk angkutan laut, jarak maksimum transportasi dapat sampai di atas 1000 km.

5. Hanya dapat dilaksanakan didaerah yang sudah tersedia peralatan untuk *handling* dan *erection*.
6. Di Indonesia yang kondisi alamnya sering timbul gempa dengan kekuatan besar, konstruksi beton pracetak cukup berbahaya terutama pada daerah sambungannya, sehingga masalah sambungan merupakan persoalan yang utama yang dihadapi pada perencanaan beton pracetak.
7. Diperlukan ruang yang cukup untuk pekerja dalam mengerjakan sambungan pada beton pracetak.
8. Memerlukan lahan yang besar untuk pabrikasi dan penimbunan (*stock yard*).

2.3 Elemen Beton Pracetak

Seperti yang telah dibahas pada sub-bab sebelumnya, pembuatan beton pracetak dilakukan di lokasi proyek ataupun di luar lokasi proyek seperti pabrik. Untuk itu, agar elemen pracetak yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan tidak mengalami kesulitan dalam proses fabrikasi, hendaknya perencana mengetahui macam-macam elemen struktur beton pracetak yang umum digunakan dan diproduksi saat ini.

2.3.1 Pelat

Pada waktu pengangkutan pelat beton pracetak atau sebelum komposit, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi pada saat pelat sudah komposit. Dalam PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete, ada tiga macam pelat pracetak (precast slab) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

1. Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat

jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 4 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inch - 16 inchi.



Gambar 2. 1. Hollow Core Slabs

(Sumber : PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2. Pelat Pracetak Tanpa Lubang (Solid Slabs)

Adalah pelat pracetak dimana tebal pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan lebar rata-rata 4 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 8 inchi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 10 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang.



Gambar 2. 2. Solid Slabs

(Sumber : PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)

3. *Pelat Pracetak Double Tee*

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung. Pelat ini didesain dengan ketebalan 24-34 inch, lebar 8-15 feet & bentang 40-80 ft.



Gambar 2. 3. Double Tee Slab

(Sumber : PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2.3.2 Balok

Untuk balok pracetak (Precast Beam), ada tiga tipe balok pracetak yang umum di produksi dan digunakan dalam gedung berdasarkan PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete :

1. *Balok berpenampang persegi (Rectangular Beam)*

Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



Gambar 2. 4. Rectagular Beam

(Sumber : PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2. Balok berpenampang L (*Ledger Beam*)

Bentuk balok ini biasanya digunakan untuk perletakan pelat yang berada di tepi bangunan.



Gambar 2. 5. Ledger Beam

(Sumber : PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)

3. Balok berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*)

Bentuk balok ini biasanya digunakan untuk perletakan antar dua pelat yang berada di tengah bangunan.



Gambar 2. 6. Inverted Tee Beam

(Sumber : PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2.4 Perencanaan Sambungan Beton Pracetak

Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Efektifitas suatu desain dan konstruksi tergantung dari ketepatan penggunaan sambungan untuk memenuhi semua layanan ,lingkungan dan kondisi pembebanan. Dalam sebuah bangunan struktur, sambungan akan menjadi salah satu unsur penting dalam sistem struktur. Respon sebuah struktur tergantung dari kelakuan dan karakteristik sambungannya. Tata letak struktur, pengaturan stabilisasi elemen, desain sistem struktur, detail sambungan harus dibuat dengan konsistensi dan penuh ketelitian yang kesemuanya didasarkan pada sifat sebuah struktur.

Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, perencana harus mengetahui bagaimana sebuah sambungan dapat mempengaruhi aliran gaya melalui struktur yang terkena gaya horizontal atau pun vertikal.Sambungan struktur terintegrasi langsung dengan elemen struktur yang berdekatan. Lalu desain dan detail sambungan dipengaruhi oleh desain dan detail dari elemen struktur yang akan disambung. Sambungan dapat diklasifikasikan berbeda tergantung dari elemen struktur yang akan disambung dan gaya yang harus di tahan.

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat 3 (tiga) macam metode sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut antara lain, sambungan dengan cor di tempat (in situ concrete joint), sambungan dengan menggunakan las dan sambungan dengan menggunakan baut. Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri yang disajikan dalam tabel 1 berikut ini:

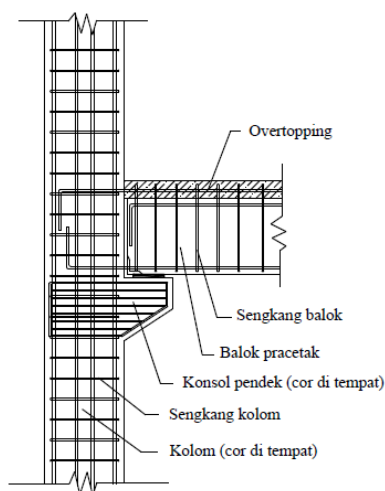
Tabel 2. 1. Perbedaan Metode Penyambungan

Deskripsi	Sambungan Dengan Cor Setempat	Sambungan Dengan Las Baut
Kebutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Jenis sambungan	Basah	Kering
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Tergolong rendah, karena dibutuhkan akurasi yang tinggi selama produksi dan erection
Kebutuhan waktu agar berfungsi secara efektif	Perlu setting time	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter
Metode erection yang sesuai	Horizontal method	Vertical method

(Sumber : Ervianto,2006)

2.4.1 Sambungan Cor Setempat

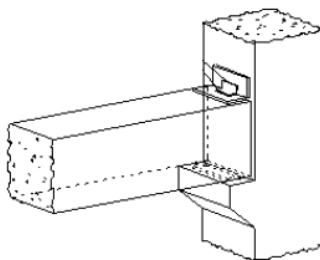
Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung/penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibanding menggunakan sambungan jenis lain. Dalam perancangan ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat.



*Gambar 2. 7. Sambungan Dengan Cor Setempat
(Sumber : Kalingga 2015)*

2.4.2 Sambungan Las

Alat sambung jenis ini menggunakan plat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti gambar 2.8. Melalui pelat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.

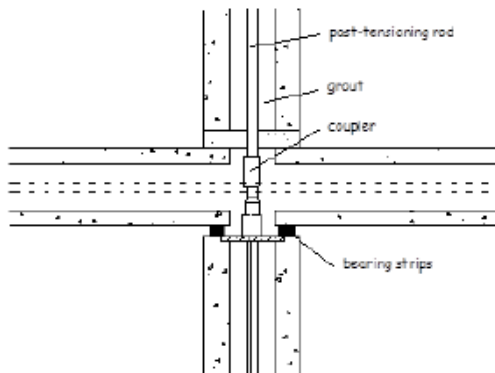


*Gambar 2. 8. Sambungan dengan Las
(Sumber : Kalingga 2015)*

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh corbels atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja yang tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom.

2.4.3 Sambungan Baut

Penyambungan cara ini diperlukan pelat baja dikedua elemen betok pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Selanjutnya pelat sambung tersebut dicor dengan adukan beton, guna melindungi dari korosi.



*Gambar 2. 9. Sambungan dengan menggunakan baut
(Sumber : Kalingga 2015)*

2.5 Tipe Sambungan

Sambungan pada elemen pracetak merupakan bagian yang sangat penting fungsi mentransfer gaya-gaya antar elemen pracetak yang disambung. Gaya-gaya boleh disalurkan antara komponen struktur dengan joint yang digROUT, kunci geser, konektor mekanis, sambungan baja tulangan, topping bertulang, atau kombinasi dari cara-cara tersebut. Kemampuan sambungan untuk menyalurkan gaya-gaya antara komponen struktur harus

ditentukan dengan analisis atau dengan pengujian. Bila desain sambungan menggunakan material dengan sifat struktural yang berbeda, maka kekakuan, kekuatan, dan daktilitas relatifnya harus diperhitungkan.

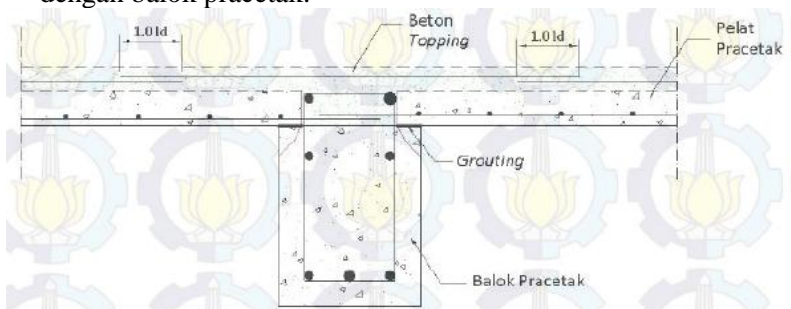
2.5.1 Sambungan Antar Balok Pracetak

Sambungan antara balok pracetak dengan kolom harus bersifat kaku atau monolit. Oleh sebab itu pada sambungan elemen pracetak ini harus direncanakan sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan yang sama dengan beton cor di tempat. Sambungan antar balok pracetak disambung oleh tulangan tarik pokok atas yang memanjang menghubungkan antar balok.

2.5.2 Sambungan Pelat Pracetak dengan Balok Pracetak

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada plat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut.

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (*topping*), dimana permukaan plat pracetak dan beton pracetak dikasarkan.
- Pendetailan tulangan sambungan yg dihubungkan/diikat secara efektif menjadi kesatuan.
- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antar plat pracetak dengan balok pracetak.



Gambar 2. 10. Sambungan Balok - pelat pracetak
(Hendrawan Wahyudi, 2010)

2.5.3 Jenis Sambungan Balok ke Kolom

Sambungan balok ke kolom adalah sambungan yang paling penting dalam struktur rangka pracetak. Jenis sambungan ini membutuhkan tidak sedikit pemikiran dalam spesifikasi, desain, dan konstruksinya salah satunya pada jenis sambungan yang disembunyikan di dalam balok. Dalam perencanaan sambungan ini harus mengikuti sifat dari balok pada saat mengalami lentur, yaitu dengan cara mengontrol defleksi yang terjadi, syarat stabilitas kolom dalam rangka dan kapasitas tekuk kolom.

Desain tumpuan elemen *precast* harus direncanakan agar beton mampu menahan beban dari elemen pracetak maupun beban pelaksanaan dengan ketentuan sesuai SNI 7833-2012 sebagai berikut :

- Tegangan tumpu ijin di permukaan kontak antara komponen yang didukung dan yang mendukung dan antara masing-masing elemen-elemen pendukung menengah tidak boleh melebihi kekuatan tumpu untuk permukaan dan elemen pendukung, atau keduanya.
- Kekuatan tumpu desain beton tidak boleh melebihi $(\phi 0,85 f_c A_1)$, kecuali bila permukaan pendukung lebih lebar pada semua sisi dari luas yang dibebani, maka kekuatan tumpu desain dari luas yang dibebani diijinkan dikalikan dengan $\sqrt{A_2/A_1}$ tetapi tidak boleh melebihi 2.
- Setiap komponen struktur dan sistem pendukungnya harus mempunyai dimensi desain yang dipilih sedemikian hingga setelah memperhitungkan toleransi, jarak dari tepi tumpuan ke ujung komponen struktur pracetak pada arah bentang sedikitnya $L_n/180$, tetapi tidak boleh kurang dari:
 - Untuk pelat masif atau berongga 50 mm
 - Untuk balok atau komponen struktur tertahan 75 mm
- Sekurang-kurangnya sepertiga tulangan momen positif komponen struktur sederhana dan seperempat tulangan momen positif pada komponen struktur menerus harus diteruskan sepanjang muka komponen struktur yang sama masuk kedalam pendukung. Pada balok, tulangan semacam itu harus diteruskan masuk kedalam pendukung minimal 150 mm.

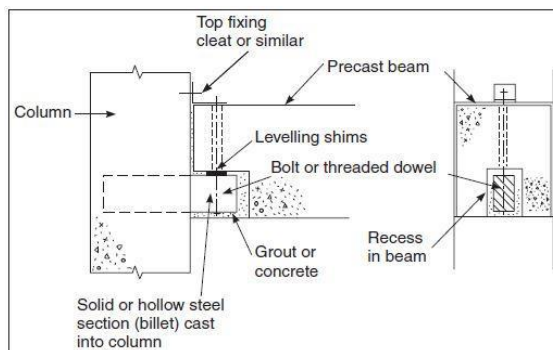
- Toleransi untuk penempatan pembengkokan longitudinal dan ujung tulangan harus diambil sebesar ± 50 mm, kecuali toleransi untuk ujung-ujung yang tidak menerus dari konsol pendek dan konsol diambil sebesar ± 13 mm, dan untuk ujung-ujung komponen struktur lainnya yang tidak menerus diambil sebesar ± 25 mm.
- Toleransi untuk d dan untuk selimut beton pada komponen struktur lentur, dinding, dan komponen struktur tekan harus sesuai Tabel 7.

Tabel 2. 2. Toleransi Pada d dan Selimut Beton

	Toleransi pada d	Toleransi pada selimut beton yang disyaratkan
$d \leq 200$ mm	± 10 mm	- 10 mm
$d > 200$ mm	± 13 mm	- 13 mm

a. Sambungan Billet

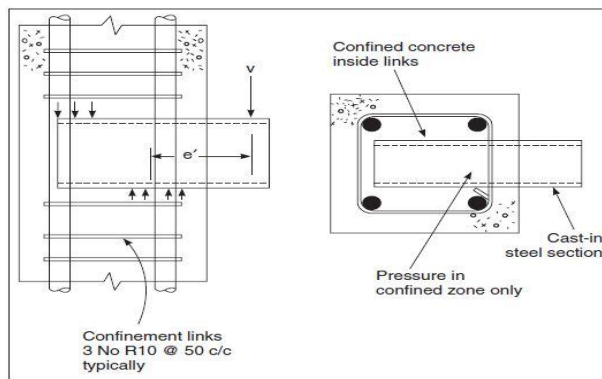
Tipe sambungan ini termasuk sambungan tersembunyi, karena posisinya di dalam balok. Sambungan ini baik untuk peruntukan bangunan yang membutuhkan estetika yang tinggi karena letaknya yang tidak kasat mata. Sambungan ini menggunakan besi ulir atau baut yang dimasukkan melewati lubang yang telah dibuat antara balok dan *billet*. Bagian yang kosong di sekitar *billet* akan ditutup dengan *grouting*. Berikut gambar sambungan billet.



Gambar 2. 11. Sambungan Billet

b. Sambungan Pelat

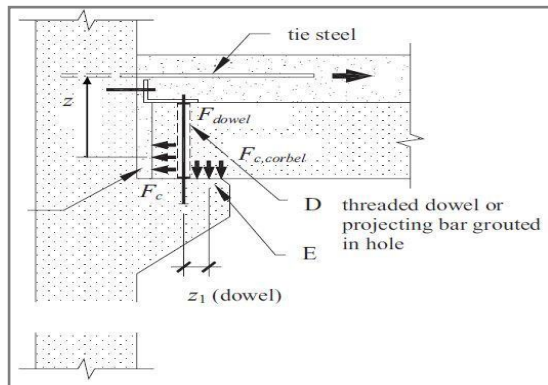
Sambungan pelat adalah nama sambungan dengan cara memasukan plat tipis ke dalam kolom untuk mentransfer gaya geser, dan aksial terkadang gaya lendutan dan torsi yang terjadi pada kolom. Pelat yang dimasukan bisa solid, tabung atau cor di tempat, lebar minimum yang disyaratkan yaitu 50 mm serta ketebalan baja yang disyaratkan yaitu 6 mm. Gambar menunjukkan contoh sambungan plat.



Gambar 2. 12. Sambungan Plat

c. Sambungan Beton Corbel

Sambungan ini adalah salah satu proyeksi dari kantilever dengan bentang pendek, terletak pada muka kolom dan menjadi pendukung elemen pracetak horizontal di atasnya. Sambungan ini digunakan ketika hal terkait estetika sambungan tidak diutamakan. Jarak terekstif pembebanan pada beton corbel yaitu $A_v < 0.6d$. Tebal muka corbel tidak boleh lebih setengah dari lebar bagian samping corbel. Tebal corbel minima harus 500 mm. Gambar menunjukkan contoh sambungan beton corbel.

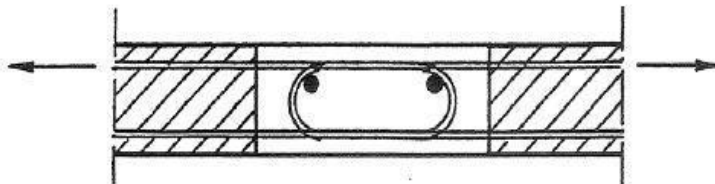


Gambar 2. 13. Sambungan Korbel

2.5.4 Sambungan Pelat ke Pelat

a. Sambungan loop

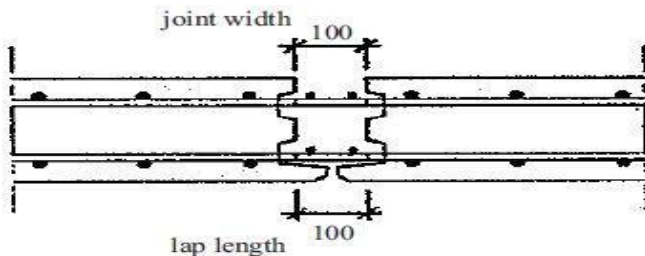
Sambungan loop dapat digunakan untuk menyalurkan gaya tarik, lendutan dan momen. Ini biasanya digunakan pada plat solid yang membutuhkan penerusan, walaupun, dalam praktiknya tipe sambungan ini sulit dalam hal pengerjaannya. Kegagalan sambungan dapat terjadi dikarenakan beberapa hal seperti pecahnya tulangan, hancurnya beton di joint, dan pemisahan beton di daerah sambungan loop. Pendesain bertujuan untuk mencegah hancurnya beton sebelum kegagalan pada tulangan, dengan desain yang baik maka akan membuat elemen yang di sampung oleh tipe sambungan ini menjadi lebih daktil. Sambungan dapat di desain dengan cara model topagan dan ikatan. Berikut ini contoh gambar sambungan loop.



Gambar 2. 14. Sambungan Loop

b. Sambungan menerus

Sambungan menerus adalah ketika dua tulangan saling meneruskan untuk membuat tulangan menjadi satu garis. Panjang dari tulangan yang diteruskan tergantung dari ukuran, kuat beton, dan spasinya. desain sambungan berdasarkan prinsip kesetimbangan daktilitas. Joint pada sambungan di asumsikan sebagai komponen yang mudah rapuh sehingga harus diberikan kapasitas yang cukup untuk meamastikan bahwa lentur atau tarik yang menyebabkan keretakan tidak terjadi di joint melainkan di elemen sambungan betonnya., di mana daktilitas dapat di dapat dengan tulangan biasa. Berikut contoh gambar sambungan menerus.



Gambar 2. 15. Sambungan Menerus

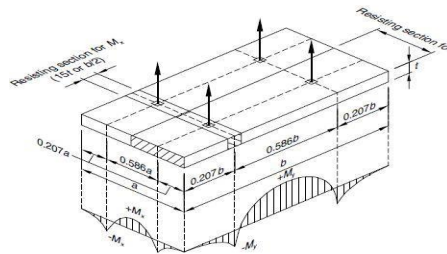
2.6 Titik Angkat Elemen Pracetak

2.6.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:\

1. Empat Titik Angkat

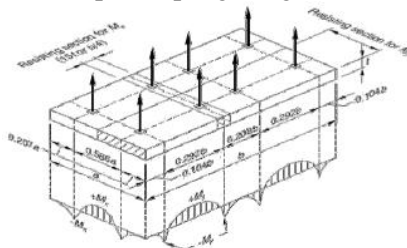
- Momen Maksimum (pendekatan) :
 $+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b$
 $+M_y = -M_x = 0,0107 w a b^2$
- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dari $15t$ atau $b/2$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2. 16. Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)
 (Sumber : PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2. Delapan Titik Angkat

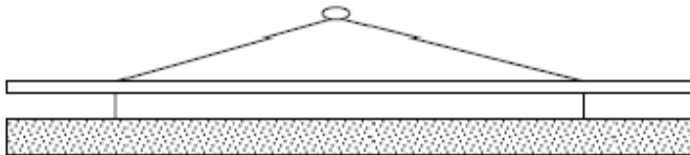
- Momen Maksimum (pendekatan) :
 $+M_x = -M_x = 0,0054 w a^2 b$
 $+M_y = -M_y = 0,0027 w a b^2$
- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/4$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2. 17. Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)
 (Sumber : PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)

2.6.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 2. 18. Pengangkatan Balok Pracetak



Gambar 2. 19. Model Pembebanan Balok Pracetak saat Pengangkatan

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada Gambar 2.18

2.7 Fase Penanganan Produk Pracetak

Sebelum digunakan, produk beton pracetak mengalami fase-fase perlakuan yang meliputi pengangkatan dari bekisting modul, penempatan ke lokasi penyimpanan, Transportasi ke lokasi, dan pemasangan.

2.7.1 Pengangkatan dari Bekisting Modul (stripping)

- a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut
- b. Lekatan permukaan beton dengan bekisting
- c. Jumlah dan lokasi peralatan angkat
- d. Berat produk pracetak dan beban-beban tambahan, seperti bekisting yang terbawa saat produk diangkat.

2.7.2 Penempatan ke lokasi penyimpanan (Yard handling and storage)

- a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut
- b. Lokasi titik-titik angkat sementara
- c. Lokasi sokongan sehubungan dengan produk-produk lain yang juga disimpan
- d. Perlindungan dari sinar matahari langsung

2.7.3 Transportasi ke Lokasi

Sistem transportasi yang digunakan adalah jalur jalan raya. Karena jalan raya merupakan jalur yang memungkinkan dari lokasi pabrik ke lokasi proyek. Dalam pengiriman beton pracetak ke lokasi proyek diperhatikan beban yang akan diangkut oleh flatbed truck memenuhi syarat beban maksimum yang diizinkan. Di Indonesia ukuran maksimum flatbed truck adalah 1200x240x150 cm dengan kapasitas maksimum 30 ton.

- a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut
- b. Lokasi sokongan vertikal maupun horisontal
- c. Kondisi kendaraan pengangkut, jalan, dan batas berat muatan dari jalan yang akan dilalui
- d. Pertimbangan dinamis saat transportasi

2.7.4 Pemasangan (Erection)

Proses pemasangan beton pracetak yang telah diproduksi dan layak untuk disatukan menjadi bagian bangunan disebut dengan erection (Wulfram I. Ervianto, 2006). Peralatan yang dibutuhkan pada tahap erection adalah tower crane atau mobile crane. Faktor yang mempengaruhi metode erection adalah sistem struktur bangunan, jenis alat sambung yang akan digunakan, kapasitas alat berat (crane) yang tersedia, dan kondisi lapangan. Metode yang dapat digunakan dibedakan menjadi dua yaitu metode vertikal dan metode horizontal. Peralatan yang dibutuhkan untuk mengangkat elemen pracetak dibedakan berdasarkan tinggi bangunan yang akan dilaksanakan (Wulfram I. Ervianto, 2006). Secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

1. Bangunan tinggi dengan jumlah tingkat lebih dari 16 lantai peralatan yang dapat digunakan adalah fixed tower crane, monorail system with Chicago boom, dan guy-derrick.
2. Bangunan menengah dengan jumlah tingkat 5-15 lantai peralatan yang dapat digunakan adalah portable tower crane atau fixed tower crane, crawler crane, dan rubber-tired truck crane.
3. Bangunan rendah dengan jumlah tingkat paling banyak 4 lantai peralatan yang dapat digunakan adalah rubber-tired truck crane dan hydro. Beban sementara, seperti pekerja, peralatan selama pekerjaan, dan berat beton overtopping.

2.8 Metode Konstruksi Sistem Pracetak

Dalam pelaksanaan suatu konstruksi yang menggunakan beton pracetak, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

a. Rangkaian kegiatan yang dilakukan pada proses produksi :

1. Pembuatan rangka tulangan
2. pembuatan cetakan
3. Pembuatan campuran beton
4. Pengecoran beton
5. Perawatan (*curing*)
6. Penyempurnaan akhir dan penyimpanan

b. Transportasi dan Alat Angkut

Transportasi adalah pengangkutan elemen pracetak dari pabrik ke lokasi pemasangan. Sistem transportasi berpengaruh terhadap waktu, efisiensi konstruksi dan biaya transport. Yang perlu diperhatikan dalam sistem transportasi adalah:

1. Spesifikasi alat transportasi
2. Rute transportasi
3. Perijinan transportasi

Alat angkat yaitu memindahkan elemen dari tempat penumpukan ke posisi penyambungan (perakitan). Peralatan angkat untuk memasang beton pracetak dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Keren mobile
2. Keren teleskopis
3. Keren menara
4. Keren portal

c. Pelaksanaan Konstruksi (Ereksi)

Metode dan jenis pelaksanaan konstruksi precast diantaranya adalah :

1. Dirakit per elemen
2. *Lift - Slab System*

Lift - Slab System adalah pengikatan elemen lantai ke kolom dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Prinsip konstruksinya sebagai berikut :

- Lantai menggunakan plat-plat beton bertulang yang dicor pada lantai bawah
- Kolom merupakan penyalur beban vertikal dapat sebagai elemen pracetak atau insitu.
- Setelah lantai cukup kuat dapat diangkat satu persatu dengan dongkrak hidrolik.

3. *Slip - Form System*

Pada system ini beton dituangkan diatas cetakan baja yang dapat bergerak memanjat ke atas mengikuti penambahan ketinggian dinding yang bersangkutan

4. *Push - Up / jack - Block System*

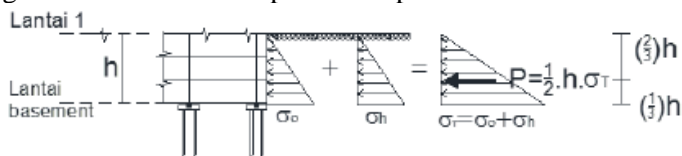
Pada system ini lantai teratas atap di cor terlebih dulu kemudian diangkat ke atas dengan hidranlic – jack yang dipasang di bawah elemen pendukung vertical.

5. Box System

Konstruksi menggunakan dimensional berupa modul-modul kubus beton.

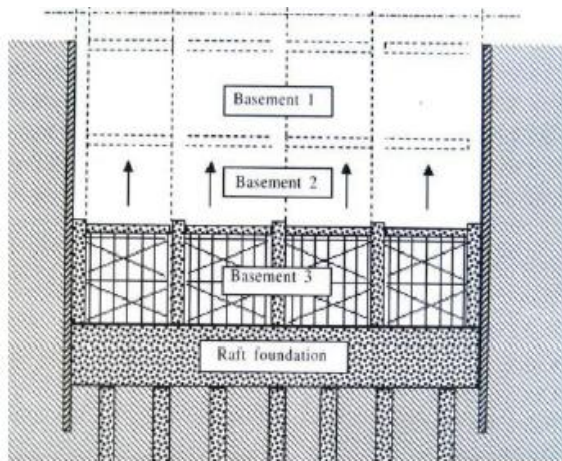
2.9 Struktur Basement

Basement adalah sebuah tingkat atau beberapa tingkat dari bangunan yang keseluruhan atau sebagian terletak di bawah tanah. *Basement* adalah ruang bawah tanah yang merupakan bagian dari bangunan gedung. Dalam pelaksanaan konstruksi *basement*, ada tiga hal penting yang perlu diperhatikan, yakni metode konstruksi, *retaining wall* dan *dewatering*. Karena lantai *basement* berada di dalam tanah, maka seluruh dinding luar digunakan pelat beton sebagai penahan tanah. Dinding basement mengalami tekanan horizontal yang diakibatkan oleh tanah dan tekanan akibat air di belakang dinding *basement*. Ilustrasi mengenai tekanan tanah dapat dilihat pada Gambar 2.19



Gambar 2. 21. Tekanan Tanah yang Terjadi pada Area Basement

Metode konstruksi galian yang dilaksanakan pada proyek pembangunan basement One East Residence di Balikpapan menggunakan sistem Bottom Up (Gambar 2.19). Pada sistem ini struktur basement dilaksanakan setelah seluruh pekerjaan galian selesai mencapai elevasi rencana. Pelat basement paling bawah dicor terlebih dahulu, kemudian basement diselesaikan dari bawah ke atas, dengan menggunakan scaffolding. Kolom, balok, dan pelat di cor setempat (cast in situ). Pada sistem ini, galian 26 tanah dapat berupa open cut atau dengan sistem dinding penahan tanah yang bisa sementara dan permanen.



Gambar 2. 22. Metode Bottom Up

(Sumber: <http://dodybrahmantyo.dosen.narotama.ac.id/>)

2.10 Tinjauan Studi TAT Terdahulu

Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini, selain berpedoman dengan tinjauan pustaka yang bersumber dari peraturan resmi dikeluarkan oleh badan terakreditasi hasil pembaharuan terkini. Penulis juga melibatkan Tinjauan Studi Tugas akhir Terapan (TAT) mahasiswa terdahulu sebagai referesin literatur dalam memperlancar selama pengerjakan Tugas Akhir ini. Berikut ini ada beberapa tinjauan studi terdahulu yang digunakan oleh penulis :

2.10.1 Permana, 2017

Judul Tugas akhir yang diambil penulis yaitu Perencanaan Modifikasi Gedung apartemen Grand Kamala Lagoon Bekasi dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak. Dalam tugas akhir tersebut, gedung tersebut akan dilakukan perancangan menggunakan metode beton pracetak dan system gedung yaitu sistem ganda (*dual system*). Perencanaan dengan komponen pracetak diaplikasikan pada seluruh komponen struktur primer dan sekunder kecuali struktur dinding geser. Metode

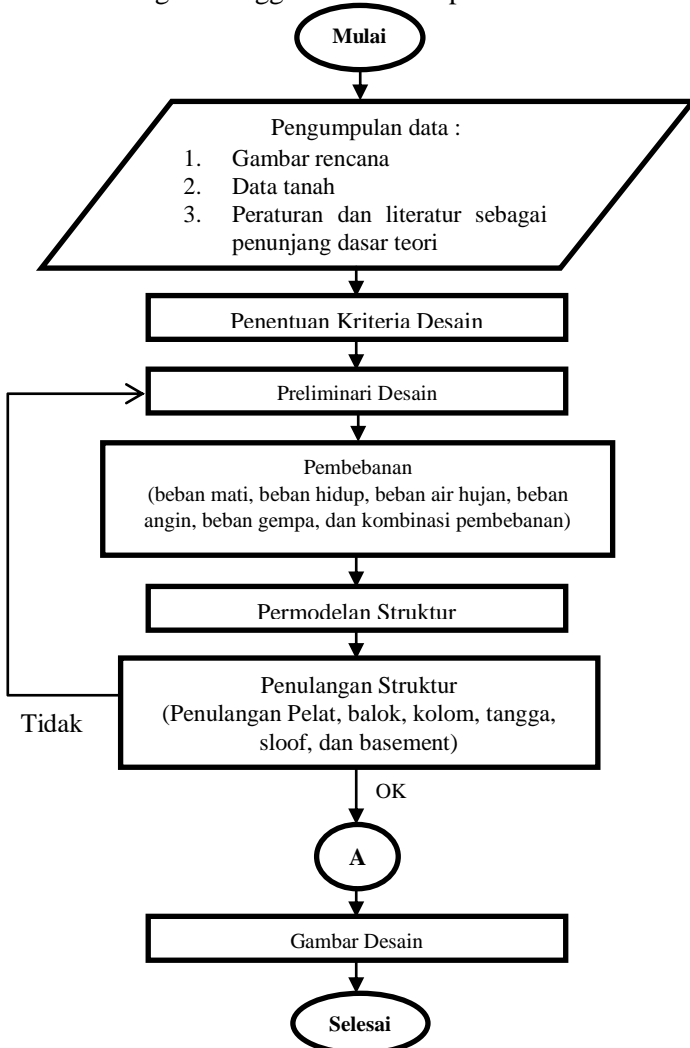
konvensional diterapkan pada sambungan, yaitu sambungan antara pelat dengan balok, balok dengan kolom, kolom dengan kolom dan sambungan lainnya direncanakan menggunakan sambungan basah dengan cor di tempat dan coupler sleeve dengan injeksi grouting. Metode penyambungan yang digunakan oleh penulis adalah produk dari *NMB Spilce Sleeve* menggunakan beberapa sambungan basah dengan menggunakan pipa penyambung (*coupler sleeve-connection*). Analisis perhitungan sambungan berdasarkan kekuatan gaya aksial sambungan yang dibandingkan dengan kekuatan tulangan setelah leleh ($1,25f_y$) dan panjang penyaluran yang sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013.

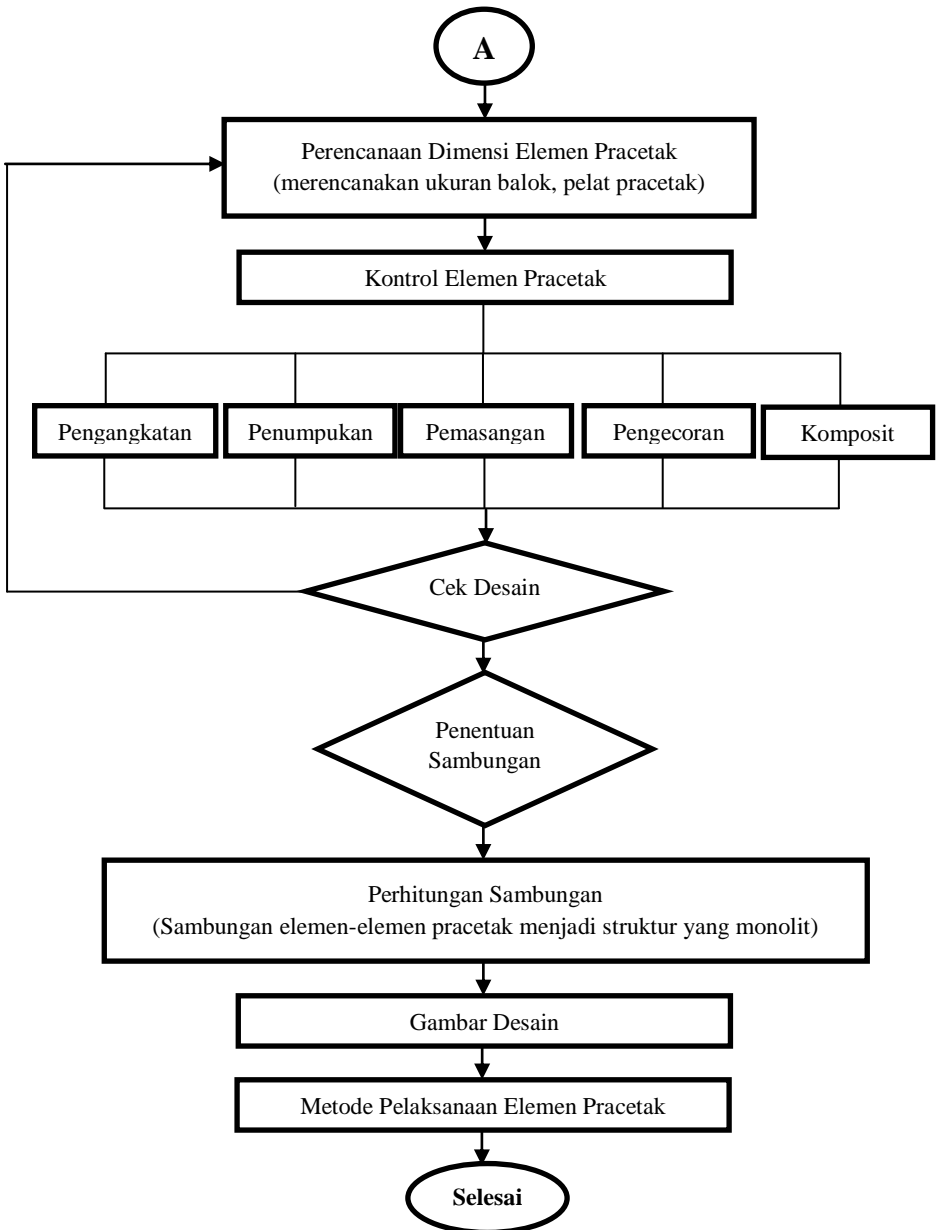
2.10.2 Faizi, 2017

Judul Tugas akhir yang diambil penulis yaitu Desain Modifikasi Perencanaan Rumah Sakit Kidney Centre Menggunakan Metode Pracetak. Adapun hasil modifikasi yang didapatkan dari tugas akhir ini yaitu dimensi balok induk 400/700, balok anak 300/500, tebal plat 140, dan dimensi kolom 600/600. Menggunakan metode pracetak pada elemen struktur sekunder yaitu balok anak dan plat serta elemen primer yaitu balok induk. Sementara sambungan yang digunakan antara lain untuk sambungan plat-plat menggunakan sambungan menerus. Lalu untuk sambungan balok induk-kolom menggunakan sambungan menerus serta korbels, dan sambungan balok anak-balok induk menggunakan sambungan angkur.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan menerangkan langkah perencanaan modifikasi struktur dan metode pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru dengan menggunakan beton pracetak..





Gambar 3. 1. Diagram Metodologi Perhitungan Gedung

3.1 Data Perencanaan

3.1.1 Data bangunan

Nama proyek	: Gedung Hotel Pesona Pekanbaru
Jumlah lantai	: 12 lantai
Tinggi Bangunan	: 46,20 m
Luas Bangunan	: 546, m ²
Struktur Bangunan Atas	: Beton bertulang Cor di tempat
Struktur Bangunan Bawah	: Basement dan tiang pancang
Struktur Atap	: Rangka Baja
Gambar Arsitektur	: Terlampir

Bangunan gedung tersebut akan dirancang menggunakan metode beton pracetak dan data bangunan yang direncanakan sebagai berikut:

Nama proyek	: Gedung Hotel Pesona Pekanbaru
Jumlah lantai	: 8 lantai
Tinggi Bangunan	: 27,60 m
Luas Bangunan	: 546, m ²
Struktur Bangunan Atas	: Beton bertulang Pracetak (Pelat dan Balok)
Struktur Bangunan Bawah	: Basement
Struktur Atap	: Deck Beton
Gambar Arsitektur	: Terlampir

3.1.2 Data Material

Spesifikasi dan mutu material yang akan digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

Mutu beton (f_c')	: 35 Mpa
Mutu Baja	
• F_y Lentur	: 400 Mpa
• F_y Geser	: 320 Mpa
• Modulus Elastisitas (E)	: 200000 Mpa

3.1.3 Data Tanah

Data tanah yang diperlukan adalah data tanah dari pengujian tanah SPT(*Standard Penetration Test*) di tempat lokasi Hotel Pesona Pekanbaru dengan kedalaman minimal 30 meter sesuai SNI 1726:2012 pasal 5.4.2 agar dapat digunakan untuk perencanaan ketahanan gempa.

3.1.4 Study Literatur

Peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam modifikasi desain dalam Tugas Akhir Terapan antara lain :

1. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012).
2. Badan Standarisasi Nasional. 2012 Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung (SNI 7833:2012)
3. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)
4. Badan Standarisasi Nasional. 2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847:2013)
5. Menteri Pekerjaan Umum. 2006. Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.

Beberapa literatur yang digunakan untuk menunjang pengerjaan tugas akhir, antara lain :

1. Agus Setiawan. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga
2. Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2009. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. Bandung: Penerbit ITB.
3. Kim S. Elliot. 2002. *Precast Concrete Structure*
4. PCI. 2010. *PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestres Concrete*.
5. Wulfram I. Ervianto. 2006. *Eksplorasi Teknologi dan Proyek Konstruksi Beton Cetak dan Bekisting*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta

3.2 Penentuan Kriteria Desain

Dalam merencanakan suatu bangunan gedung maupun non gedung perlu menentukan sistem struktur yang akan diterapkan dalam proses pembangunan. Hal ini dilakukan agar gedung tersebut dapat dibangun dengan kokoh, kuat, serta tahan akan fenomena alam yang sering terjadi yaitu gempa bumi. Penentuan sistem struktur tersebut dilakukan dengan mencari kriteria desain dari gedung terlebih dahulu berdasarkan dengan data objek dan kondisi lingkungan sekitar gedung. Tahapan Identifikasi yaitu :

1. Menentukan Klasifikasi Situs

Dalam menentukan klasifikasi situs diperlukan tanah hasil *Standart Penetration Test (SPT)*. Kemudian diolah hingga mendapatkan nilai \bar{N} atau \bar{N}_{ch} . Dari nilai tersebut tipe kelas situs dapat ditentukan beberapa jenis yaitu SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs).

2. Menentukan Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Untuk menentukan kategori resiko bangunan perlu mengetahui jenis pemanfaatan dari bangunan yang akan direncanakan pembangunannya. Kategori resiko bangunan terbagi menjadi 4 yaitu kategori resiko I, II, III, dan IV.

3. Menentukan nilai S_s dan S_1 Untuk Gempa 500 Tahun

Dalam Menentukan nilai S_s (respon spektra percepatan 0,2 detik) dan nilai S_1 (respon spektra percepatan 1,0 detik) untuk Gempa 500 tahun (probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun) diperlukan dimana lokasi gedung akan dibangun. Setelah itu melihat peta hazard gempa Indonesia tahun 2010.

4. Menentukan nilai koefisien-koefisien situ dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCE_R).

Untuk penentuan respons spektra percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan persamaan (5) dan (6), Sementara nilai F_a dan F_v bisa didapat dengan menggunakan tabel 4 dan tabel 5 dalam SNI gempa 1726-2012 pasal 6.2.

5. Menentukan parameter spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek S_{DS} dan pada periode 1 detik S_{D1} harus ditentukan melalui perumusan persamaan (7) dan (8) dalam SNI gempa 1726-2012 pasal 6.2.

6. Pengelompokkan Kategori Desain Seismik (KDS)

Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik (S_1) lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori resiko IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik (S_1) lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya S_{DS} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah dengan mengacuh pada tabel 6 dan tabel 7 SNI gempa 1726-2012 pasal 6.5, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur T , Apabila S_1 lebih kecil dari 0,75 kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai tabel 6 saja.

3.3 Penentuan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*)

Preliminary design adalah suatu tahapan analisa untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur awal yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus yang ada di literatur dan peraturan terpercaya untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kuat. Penentuan dimensi awal struktur untuk komponen struktur primer yang meliputi balok, sloof, basement dan kolom serta komponen struktur sekunder yang meliputi pelat, lift dan struktur pelat tangga.

3.4 Analisa Pembebanan

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kladung gedung dan komponen arsitektural struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. (SNI 1727-2013 pasal 3.1.1)

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwewenang. (SNI 1727-2013 pasal 3.1.2)

Dalam menentukan beban mati rencana, harus diperhitungkan berat peralatan layan yang digunakan dalam bangunan gedung seperti plambing, mekanikal elektrik, dan alat pemanas, ventilasi serta sistem pengkondisian udara. (SNI 1727-2013 pasal 3.1.2). Analisa pembebanan struktur adalah sebagai berikut :

3.4.1 Beban Mati

Penentuan beban mati struktur bangunan sebagai berikut :

- a. Beban mati pada pelat lantai, terdiri dari :
 - Beban sendiri pelat
 - Beban keramik
 - Beban spesi
 - Beban plafond dan penggantung
 - Beban pemipaan air bersih dan kotor
 - Beban instalasi listrik

- b. Beban mati pada balok, terdiri dari :
 - Berat sendiri balok
 - Beban mati pelat atap/ pelat lantai
 - Beban dinding
- c. Beban mati pada atap, terdiri dari :
 - Beban sendiri pelat
 - Beban aspal
 - Beban plafond dan penggantung
 - Beban pemipaan air bersih dan kotor
 - Beban instalasi listrik
- d. Beban mati pada tangga, terdiri dari :
 - Beban sendiri pelat tangga
 - Beban anak tangga
 - Berat sendiri pelat bordes
 - Beban keramik
 - Beban spesi
 - Beban *hand-railling*

3.4.2 Beban Hidup

Beban hidup struktur bangunan ditentukan sebagai berikut :

- a. Beban hidup pada atap gedung :
 - ⇒ Ditentukan berdasarkan SNI 03-1727-2013 pasal 4.8.2
- b. Beban hidup pada lantai gedung :
 - ⇒ Ditentukan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 pada tabel 4-1
- c. Beban hidup pada tangga
 - ⇒ Ditentukan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 pasal 4.5.4.

3.4.3 Beban Angin

⇒ Ditentukan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 pasal 26.1.2.1.

Sebelum memulai proses perhitungan beban angin, pertama tentukan terlebih dahulu prosedur yang akan digunakan berdasarkan tingkat kerendahan suatu bangunan. Pada pasal 26.2 dijelaskan bahwa bangunan yang termasuk tingkat rendah ditentukan sebagai berikut :

- a. Tinggi atap rata-rata, $h \leq 18$ meter
- b. Tinggi atap rata-rata h tidak melebihi dimensi horizontal yang terkecil.

Apabila salah satu kondisi dari 2 persyaratan di atas tidak terpenuhi maka bangunan tersebut dapat dikategorikan bangunan tinggi.

Macam-macam prosedur perhitungan beban angin pada Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan syarat penggunaannya.

1. Prosedur pengarah untuk bangunan dari semua ketinggian seperti disyaratkan dalam pasal 27 untuk bangunan memenuhi persyaratan yang disyaratkan di dalamnya.
2. Prosedur amplop untuk bangunan bertingkat rendah seperti yang disyaratkan dalam pasal 28 untuk bangunan memenuhi persyaratan yang disyaratkan di dalamnya.
3. Prosedur pengarah untuk perlengkapan bangunan (Struktur bagian atas atap dan peralatan bagian atas atap) dan struktur lainnya (Seperti dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas, cerobong asap, tangki, papan reklame terbuka, rangka kisi, dan menara rangka batang) seperti yang disyaratkan dalam pasal 29.
4. Prosedur terowongan angin untuk semua bangunan gedung dan struktur lain seperti disyaratkan pasal 31.

Langkah-langkah penentuan beban angin prosedur pengarah ditentukan dalam pasal 27,

- a. Tentukan kategori resiko bangunan gedung dan struktur lain, lihat tabel 1.5-1 :
- b. Tentukan kecepatan angin dasar, V , sesuai daerah dimana bangunan dibangun :
- c. Tentukan faktor arah angin, K_d , lihat tabel 26.6-1 :
- d. Tentukan kategori eksposur, lihat pasal 26.7 :
- e. Tentukan faktor topografi, K_{zt} , lihat pasal 26.8 :
- f. Tentukan faktor efek tiupan angin, G , lihat pasal 26.9 :
- g. Tentukan klasifikasi ketertutupan, lihat pasal 26.10 :
- h. Tentukan koefisien internal, (GC_{pi}) , lihat pasal 26.11 :
- i. Tentukan koefisien eksposur tekanan velositas K_z dan K_h , lihat pasal 27.3.1 :
- j. Tentukan tekanan velositas q_z dan q_h , lihat pada pasal 27.3.2

- k. Tentukan koefisien tekanan eksternal, C_p , lihat gambar 27.4.1
- l. Tentukan beban angin bangunan kaku tertutup, lihat pasal 27.4.1 : $p = qGC_p$

3.4.4 Beban gempa

⇒ Ditentukan dengan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726-2012). Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini menggunakan beban gempa dinamis periode 2500 tahun.

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012). Pembebanan gravitasi struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen hanya diterima oleh frame. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan Beban Gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, dimana pengaruh pada struktur dibebankan langsung kepusat massa bangunan (center of mass). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada.

Analisa beban gempa beadasarkan SNI 03-1726-2012 meliputi:

- Penentuan respon spektrum
Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI-03-1726-2012
- Respon seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

(Persamaan 7.8-2 SNI 03-1726-2012)

Dimana:

SDS = percepatan spektrum respons disain dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respons dalam tabel 7.2-1 (SNI 03-1726-2012)

I_e = faktor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai dengan Tabel 6.4

nilai C_s max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

- Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_s \times W$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

dimana:

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1.1

W = berat seismik efektif menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.7.2

3.5 Permodelan Struktur

1) Lingkup Perencanaan

Struktur bangunan yang akan dianalisa dalam perencanaan bangunan gedung Hotel Pesona Pekanbaru ini diantaranya yaitu sebagai berikut :

a. Struktur Atas

- Pelat
- Tangga
- Balok
- Kolom

b. Struktur Bawah

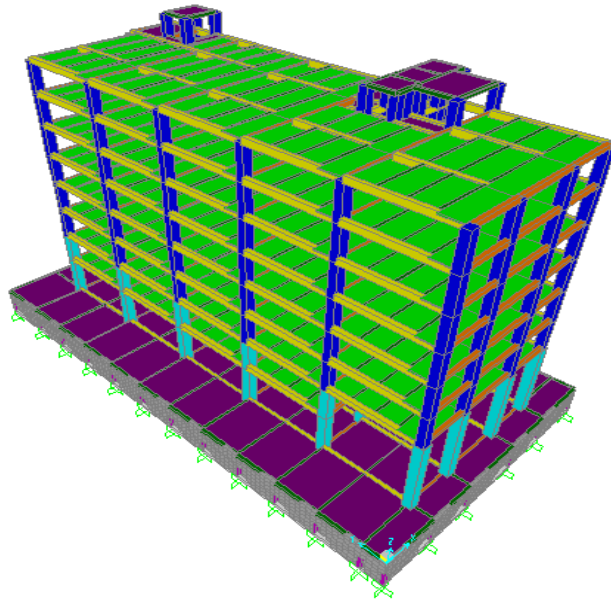
- Sloof
- Basement

2) Deskripsi Model Bangunan

Struktur bangunan gedung Hotel Pesona Pekanbaru dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi, pada perencanaan ini

bangunan gedung Hotel memiliki 8 lantai dan 1 basement. Struktur pondasi diasumsikan perletakan jepit pada dasar gedung guna mendapatkan gaya untuk melakukan perhitungan pada struktur pondasi.

Pada bagian atap gedung ini menggunakan pelat beton. Pembebanan yang terjadi pada pelat lantai, pelat atap dan pelat tangga dibedakan karena memiliki tebal yang berbeda.



Gambar 3. 2. Model Perencanaan Struktur Hotel Pesona Pekanbaru

- a. Gambar arsitektur, terdiri dari :
- Gambar denah
 - Denah lantai 1
 - Denah lantai 2 hingga lantai 5
 - Gambar tampak
 - Tampak depan
 - Tampak belakang
 - Tampak Samping Kiri

- Tampak Samping Kanan
- Gambar potongan
 - Potongan memanjang
 - Potongan melintang
- b. Gambar struktural, terdiri dari :
 - Gambar denah
 - Sloof
 - Fondasi
 - Pelat
 - Balok
 - Kolom
 - Gambar penulangan
 - Sloof
 - Fondasi
 - Pelat dan tangga
 - Balok
 - Kolom
 - Gambar detail :

Gambar detail panjang penyaluran, meliputi :

 - Panjang penyaluran Sloof
 - Panjang penyaluran Fondasi
 - Panjang penyaluran Pelat tangga
 - Panjang penyaluran Balok
 - Panjang penyaluran Kolom

3.6 Analisa Gaya Dalam dan Kombinasi Pembebanan

Struktur harus dirancang hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut yang mengacu pada tata cara perencanaan gempa telah ditetapkan pada SNI 2847:2013 pasal 9.2.1

1. $U=1,4D$
2. $U=1,2D+1,6L+0,5R$
3. $U=1,2D+1,6L+0,5L_r$
4. $U=1,2D+1,6R+1L$

5. $U=1,2D+1,6R+0,5W$
6. $U=1,2D+1,6L_r+L$
7. $U=1,2D+1,6L_r+0,5W$
8. $U=1,2D+1W+1L+0,5R$
9. $U=1,2D+1W+1L+0,5L_r$
10. $U=1,2D+1,6L+0,3E_x+1E_y$
11. $U=1,2D+1,6L+1E_x+0,3E_y$
12. $U=0,9D+1W$
13. $U=0,9D+1E_x+0,3E_y$
14. $U=0,9D+0,3E_x+1E_y$

Untuk kombinasi beban gempa vertikal berdasarkan dan faktor reduksi maka kombinasi nomor 10,11,13, dan 14 dimodifikasi. Berdasarkan SNI 1726:2012 besarnya beban gempa vertikal ditentukan sebesar $E_v = 0,2S_dSD$, kemudian faktor reduksi berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.3.4.2 didapatkan nilai $\rho = 1,3$. Modifikasi kombinasi pembebanan setelah mendapat pengaruh beban vertikal dan faktor reduksi adalah sebagai berikut:

- 10 $U=(1,2+0,2S_dSD)+1,3E_x+0,39E_y$
- 11 $U=(1,2+0,2S_dSD)+0,39E_x+1E_y$
- 13 $U=(0,9-0,2S_dSD)+1,3E_x+0,39E_y$
- 14 $U=(0,9-0,2S_dSD)+0,39E_x+1,3E_y$

Untuk beban gempa, analisa terhadap arah gaya gempa yang berbalik arah maka ditambah kombinasi pembebanan sebagai berikut :

- 15 $U=(1,2+0,2S_dSD)-1,3E_x-0,39E_y$
- 16 $U=(1,2+0,2S_dSD)-0,39E_x-1E_y$
- 17 $U=(0,9-0,2S_dSD)-1,3E_x-0,39E_y$
- 18 $U=(0,9-0,2S_dSD)-0,39E_x-1,3E_y$

Keterangan :

- a. D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.

- b. L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasukkejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- c. L_r adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- d. R adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan oleh genangan air
- e. W adalah beban angin.

Tanda negatif(-) menandakan arah gempa yang berlawanan

3.7 Pehitungan Struktur Bangunan

3.7.1 Perhitungan Struktur Sekunder

Penulangan struktur sekunder berupa pelat menggunakan tabel 13.3.1 PBI-1971

Persyarata penulangan :

1. Kontrol jarak spasi tulangan (SNI 03-2847-2013 pasal 13.3.2)
2. Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu
3. Kontrol keperluan tulangan susut dan suhu (SNI 03-2847-2013 pasal 7.12 dan pasal 7.12.2.2)
4. Kontrol panjang penyaluran (SNI 03-2847-2013 pasal 13.3.3 dan 13.13.4)

3.7.2 Perhitungan Struktur Primer

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 dengan memperhatikan standar penulangan serta menggunakan data yang diperoleh dari SAP 2000. Perhitungan penulangan dilakukan pada elemen struktur primer yakni balok dan kolom :

1. Balok

Persyaratan penulangan :

- Kontrol M_n pasang $\geq M_n$ penulangan lentur
- Kontrol kapasitas penulangan lentur balok untuk desain SRPMK (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.2).
- Kontrol penulangan geser balok untuk desain SRPMK (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3 dan pasal 21.5.4).
- Kontrol kebutuhan tulangan torsi (SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.2 sampai dengan pasal 11.5.6)

2. Kolom

Persyaratan penulangan :

- Kontrol momen yang terjadi M_n pasang $\geq M_n$
- Kontrol dimensi (SNI 03-2847-2013 pasal 10.10.5 sampai dengan pasal 10.10.6).
- Kontrol penulangan lentur kolom untuk desain SRPMK (SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.2).
- Kontrol penulangan geser kolom untuk desain SRPMK (SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4 sampai pasal 21.6.5).

3.7.3 Perhitungan Struktur Basement

Dinding pada basement harus dirancang agar kokoh dan kuat, mengingat fungsinya sebagai retaining wall (penahan beban tekanan tanah dan air). Ketebalan dinding betonnya berkisar antara 15-17.5 cm, bergantung pada kedalaman lantai basement-nya. Sementara untuk mengantisipasi adanya rembesan air, dinding mutlak diberi lapisan waterproofing. Struktur basement direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan cor di lokasi. Adapun persyaratan yang lain sebagai berikut:

a. Penulangan Dinding *Basement*

Penulangan dinding basement dihitung sesuai dengan peraturan dalam SNI 2847:2013.

b. Kontrol Ketebalan Dinding *Basement*

Ketebalan dinding basement dikontrol sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-2847-2013 pasal 22.6.6.3.

c. Penulangan Pelat Lantai *Basement*

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-2847-2013.

3.8 Gambar Perencanaan

a. Gambar arsitektur, terdiri dari :

- Gambar denah
 - Denah lantai Basemant
 - Denah lantai dasar
 - Denah lantai 1 hingga lantai 8
 - Jangkauan Tower Crane
- Gambar tampak
 - Tampak depan
 - Tampak belakang
 - Tampak Samping Kiri
 - Tampak Samping Kanan
- Gambar potongan
 - Potongan memanjang
 - Potongan melintang

b. Gambar struktural, terdiri dari :

- Gambar denah
 - Sloof
 - Basement
 - Pelat Pracetak
 - Balok
 - Kolom

- Gambar penulangan
 - Sloof
 - Basement
 - Pelat Pracetak
 - tangga
 - Balok Pracetak
 - Kolom
- Gambar detail :
Gambar detail panjang penyaluran, meliputi :
 - Sambungan Pracetak antara pelat dan balok
 - Sambungan Pracetak antara balok induk dan balok anak
 - Sambungan Pracetak antara kolom dan balok
 - Konsol kolom
 - Joint Hubungan Balok Kolom
 - Panjang penyaluran Sloof
 - Panjang penyaluran Pelat dan tangga
 - Panjang penyaluran Balok
 - Panjang penyaluran Kolom

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi (Preliminary Design)

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi-dimensi komponen strukturnya. Material yang digunakan untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut:

Tipe Bangunan	: Hotel
Lokasi	: Pekanbaru
Mutu Beton (f_c')	: 35 Mpa
Mutu Baja geser (f_y)	: 320 MPa
Mutu Baja lentur (f_y)	: 400 MPa

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Balok BI-1

Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : BI-1
- Bentang balok (L_{balok}) : 560 cm

Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{14} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{1}{14} \times 560 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) \quad b = \frac{2}{3} \times 50$$

$$h \geq 38,9 \text{ cm} \quad b = 30 \text{ cm}$$

$$h \approx 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 30/50

Balok BI-2

Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : BI-2
- Bentang balok (L_{balok}) : 770 cm

Perhitungan

Perencanaan

$$h \geq \frac{1}{14} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{1}{14} \times 770 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times 60$$

$$h \geq 53,43 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h \approx 60 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk dengan ukuran 40/60

Balok BA

Data-data Perencanaan :

- Tipe balok : BA
- Bentang balok (L_{balok}) : 560 cm

Perhitungan Perencanaan :

$$h \geq \frac{1}{16} \times L \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$h \geq \frac{1}{16} \times 560 \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} \times 40$$

$$h \geq 34 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

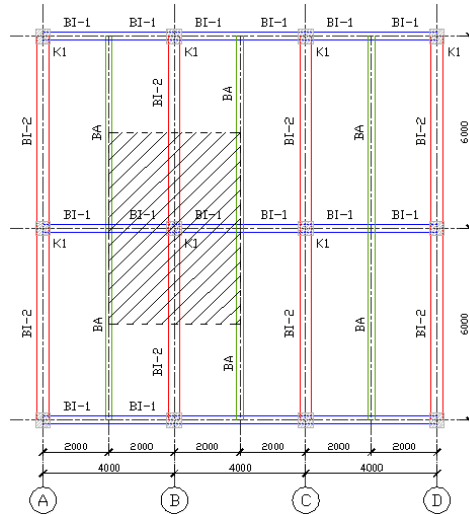
$$h \approx 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok anak dengan ukuran 30/40

4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perencanaan dimensi kolom, maka perlu ditinjau kolom yang mendapatkan beban terbesar. Dalam hal ini yaitu kolom yang memikul bentang 495 cm x 770 cm. Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial yang disebabkan oleh elemen lantai. Adapun data yang dibutuhkan dalam perencanaan dimensi kolom sebagai berikut :

Tebal pelat : 14 cm
 Tinggi per lantai : 330 cm
 Balok induk memanjang : 30 cm x 45 cm
 Balok induk melintang : 40 cm x 60 cm
 Balok anak : 25 cm x 35 cm



Pembebanan yang dipikul oleh 1 kolom menggunakan metode luas tributary seperti yang ditunjukkan oleh gambar disamping. Sedangkan macam macam elemen yang dipikul 1 kolom sebagaimana tertera dibawah ini :

Beban Mati

Pelat	$= 4,95 \times 7,7 \times 0,14 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 12807 \text{ kg}$
Balok Induk Mem	$= 4,95 \times 0,3 \times 0,45 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1603,8 \text{ kg}$
Balok Induk Mel	$= 7,7 \times 0,4 \times 0,6 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 4435,2 \text{ kg}$
Kolom (renc. 50x70)	$= 3,3 \times 0,5 \times 0,7 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2772 \text{ kg}$
Balok Anak	$= 2,475 \times 0,25 \times 0,35 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 519,75 \text{ kg}$
Dinding	$= 3,3 \times 12,65 \times 0,13 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 12524 \text{ kg}$
Plafound	$= 4,95 \times 7,7 \times 11 \text{ kg/m}^3 = 419,27 \text{ kg}$
Penggantung	$= 4,95 \times 7,7 \times 7 \text{ kg/m}^3 = 266,81 \text{ kg}$
Keramik	$= 4,95 \times 7,7 \times 24 \text{ kg/m}^3 = 914,76 \text{ kg}$

Spesi	$= 4,95 \times 7,7 \times 21 \text{ kg/m}^3$	$= 800,42 \text{ kg}$
Mekanikal + ducting	$= 4,95 \times 7,7 \times 40 \text{ kg/m}^3$	$= 1524,6 \text{ kg}$
Total		$= 38587 \text{ kg}$

Gedung ini bertingkat 9 lantai, sehingga total beban
 $= 38587 \times 9 = 347281 \text{ kg}$

Beban Hidup

Beban hidup lantai untuk bangunan perhotelan $= 5 \times 8 \times 479$
 $= 18257 \text{ kg}$

Total beban hidup $= 18257 \text{ kg}$

Beban Total Ultimate

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (347281 \text{ kg}) + 1,6 (18257 \text{ kg}) \\ &= 416737 \text{ kg} + 29211 \text{ kg} \\ &= 445948,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.2 koefisien reduksi kekuatan desain aksial tekan untuk komponen struktur yaitu 0.65

$$A = \frac{q_u}{\phi \times f_c'} = \frac{445948,07}{0,65 \times 350} = 1960,21 \text{ cm}^2$$

Direncanakan dimensi kolom $b = 2/3h$

$$\text{Maka } A = \frac{2}{3}h \times h$$

$$1960,21 = \frac{2}{3}h^2$$

$$2940,317 = h^2$$

$$54,22469 = h$$

$$b = 2/3 h$$

$$b = 2/3 (54,22469)$$

$$b = 36,15$$

Dimensi kolom gedung untuk lantai 3 s/d 8 dalam tugas akhir ini yaitu $65 \times 75 \text{ cm}$

Dimensi kolom gedung untuk lantai basement s/d Lt. 2 dalam TAT yaitu 75 x 75 cm

4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat

Didalam pengerjaan tugas Akhir ini direncanakan desain pelat berupa 3 tipe pelat. Dimensi terbesar 560 x 385 dengan spesifikasi mutu beton 39 Mpa serta mutu baja 400 Mpa. Sehingga nilai L_n dan S_n :

$$\begin{aligned} L_n &= l_y - \frac{BI_2}{2} - \frac{BI_2}{2} & S_n &= l_x - \frac{BA}{2} - \frac{BI_1}{2} \\ L_n &= 600 - \frac{40}{2} - \frac{40}{2} & S_n &= 200 - \frac{25}{2} - \frac{30}{2} \\ L_n &= 530 \text{ cm} & S_n &= 357,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka nilai $\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{530}{357,5} = 1,483 < 2$ (Pelat dua arah)

Tebal minimum pelat satu arah (One-way slab) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5 (a). Untuk fy selain 420 harus dikalikan dengan $(0,4 + F_y/700)$.

Direncanakan penulangan pelat precast satu arah dengan dimensi pelat 140 x 385 cm².

$$\begin{aligned} \text{Tebal } h \text{ Pelat Min} &= \frac{1}{28} \times L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \\ &= \frac{1}{28} \times 200 \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= 11,4 \text{ cm (dipakai tebal pelat 12 cm, 7 cm} \\ &\quad \text{pracetak dan 5 cm insitu)} \end{aligned}$$

4.1.4 Perencanaan Dimensi Tangga

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe Tangga : Tipe 1
- Perletakan : Jepit – Sendi - Jepit
- Mutu Beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu Baja Lentu (f_y) : 400 MPa
- Tebal Pelat Tangga : 15 cm
- Tebal Pelat Bordes : 15 cm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Tinggi Tanjakan : 16 cm
- Panjang datar Tangga : 280 cm
- Tinggi tangga : 450 cm
- Tinggi bordes : 225 cm
- Lebar tangga : 315 cm
- Lebar bordes : 150 cm

b. Perhitungan Dimensi Tangga :

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{TinggiBordes^2 + PanjangTangga^2}$$

$$L = \sqrt{30^2 + 16^2}$$

$$L = 34 \text{ cm}$$

- Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{TinggiBordes}{TinggiTanjakan}$$

$$Nt = \frac{225}{16} = 14 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

$$= 14 - 1$$

$$= 13 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{16}{30} = 28,1^\circ$$

Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$15 \leq 28 \leq 40 \quad (\text{memenuhi})$$

Syarat sudut kemiringan

$$60 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 62 \leq 65 \quad (\text{memenuhi})$$

- Tebal efektif pelat tangga = $\frac{i}{2} \sin \alpha = \frac{30}{2} \sin 28,1 = 7 \text{ cm}$
- Tebal efektif pelat tangga = $150 \text{ mm} + 70 \text{ mm}$
= 22 cm

4.2 Perhitungan Pembebanan

4.2.1 Pembebanan Struktur Pelat Lantai

Beban mati

Pembebanan yang diberikan ada struktur pelat disesuaikan dengan SNI 1727:2013 pasal 3.1.2. Sesuai peraturan tersebut maka beban mati pelat akan dibebani sesuai dengan beban material yang sesungguhnya. Oleh sebab itu data berat material yang diambil adalah berdasarkan survei material yang terdapat dari brosur toko, pabrik, atau internet. Untuk beban-beban yang tidak memiliki informasi jelas maka pembebanan mengacu pada PPIUG 1983. Untuk beban hidup pelat, beban yang diberikan mengacu pada SNI 1727:2013 tabel 4-1. Beban hujan yang diberikan pada pelat atap mengacu SNI 1727:2013 pasal 8.3. Kombinasi pembebanan yang digunakan pada pelat yaitu 1,2D+1,6L yang mengacu pada SNI 1727:2013 pasal 2.3.2.

Beban mati tambahan yang digunakan :

Bata ringan	= 81,3 kg/m ² (Brosur)
Plester dinding 1 cm	= 30 kg/m ² (Brosur)
Acian 2 mm	= 3 kg/m ² (Brosur)
Spesi	= 21 kg/m ² (PPIUG)
Keramik	= 16,5 kg/m ² (Brosur)
Floor Hardener	= 5 kg/m ² (Brosur)
Penggantung	= 8 kg/m ² (Brosur)
Plafon	= 5,03 kg/m ² (Brosur)
Mechanical Electrical	= 40 kg/m ² (PPIUG)
Plumbing	= 25 kg/m ² (PPIUG)

Beban hidup

Beban per jenis ruangan (L0) :

R. Publik + Koridornya	= 479 kg/m ²
R. Pribadi + Koridornya	= 192 kg/m ²
Area Parkir	= 192 kg/m ²
Ruang Mesin	= 192 kg/m ²
Area Kolam Renang	= 359 kg/m ²
Atap	= 96 kg/m ²

Kontrol Reduksi Beban Lantai

$$L = L_0 (0,25 + 4,57 / \sqrt{(KLL \times AT)})$$

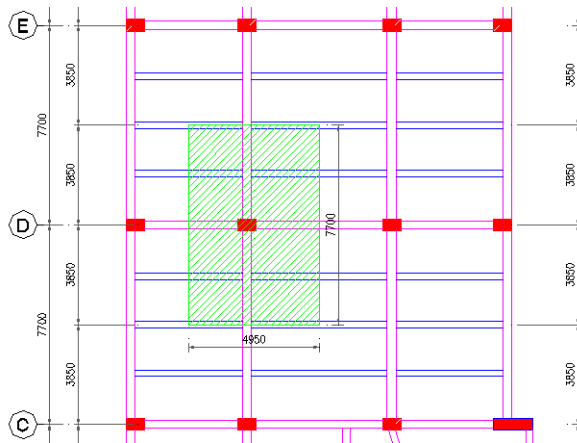
Luasan dicek pada tributari yang terbesar

$$\text{Luasan tributari AT} = 38,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Faktor KLL} = 1$$

$$\text{Jika } KLL \times AT > 37,16 \text{ m}^2$$

$$38,115 > 37,16 \text{ m}^2 \text{ (maka perlu direduksi)}$$



Beban yang dipakai

Jenis ruangan	Beban	Reduksi	Beban pakai
R.Publik + Koridornya	479	474.321	474.321
R.pribadi + Koridornya	192	190.125	190.125
Ruang Mesin	192	190.125	190.125
Parkir + Mobilitas	192	190.125	190.125
Kolam Renang	1450	1435.837	1435.837

Reduksi Beban Hidup Atap

Rumus reduksi

$$L_r = L_o R_1 R_2 \text{ di mana } 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

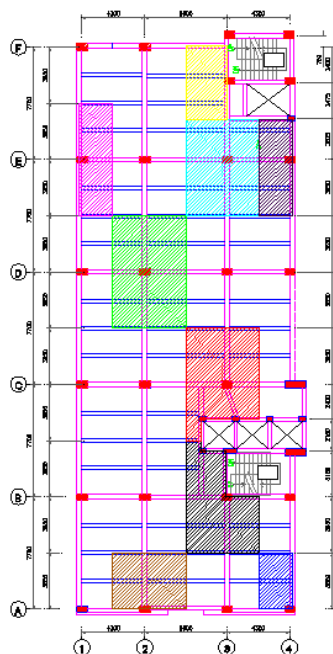
$$R_1 = \begin{cases} 1 & \text{untuk } A_r \leq 18,58 \text{ m}^2 \\ 1,2 - 0,011 A_r & \text{untuk } 18,58 \text{ m}^2 < A_r < 55,74 \text{ m}^2 \\ 0,6 & \text{untuk } A_r \geq 55,74 \text{ m}^2 \end{cases}$$

$$R_2 = \begin{cases} 1 & \text{untuk } F \leq 4 \\ 1,2 - 0,05 F & \text{untuk } 4 < F < 12 \\ 0,6 & \text{untuk } F \geq 12 \end{cases}$$

$$F = 0,12 \times \text{kemiringan} = 0,12 \times 0 = 0$$

Kontrol reduksi beban hidup atap

Tributari Area	Luas m2	R1	R2	Lr kg/m2
	m2			kg/m2
AT 1	14.20	1	1	96
AT 2	17.20	1	1	96
AT 3	33.00	0.84	1	80.35
AT 4	14.66	1	1	96
AT 5	38.12	0.78	1	74.95
AT 6	32.92	0.84	1	80.44
AT 7	28.58	0.89	1	85.02
AT 8	19.06	0.99	1	95.07
AT 9	8.62	1	1	96



Beban air hujan

$$R = 0,0098(d_s + d_h)$$

Dimana $d_s = 30$ mm dan $d_h = 20$ mm

$$\text{Jadi } R = 0,0098(30\text{mm} + 20\text{mm})$$

$$R = 0,49 \frac{kN}{m^2} = 49 \frac{kg}{m^2}$$

Rekapitulasi Report Pembebanan

Tabel 4. 1. Beban setiap ruangan per lantai

Lantai	Jenis ruangan	Ruangan	Beban hidup	Beban tambahan	Berat	Tot.beban tambahan
			(kg/m2)		(kg/m2)	(kg/m2)
Lantai Basement	R. Mesin	R. Ganset	192	Floor Hardener	5	5
		R. Trafo				
		R. Panel				
	R. publik	Parkir Mobil	192			
Lantai GF	R. Pribadi	Front Office	192	Spesi	21	37.5
		Toilet				
		House Keeping				
	R. Publik	Loading	479	Keramik	16.5	
		Coffee Shop				
		Lobby Lift				
	Mobilitas	Teras Outdoor	192			
Lantai 1	R. publik + Koridornya	Kolam Renang	1450	Spesi	21	115.53
		Lobby	479	keramik	16.5	
		Toilet		Penggantung	8	
		Mushollah		Plafon	5.03	
	R. Pribadi + Koridornya	R. Kerja	192	M & E	40	
		Ruang OB	Plumbing	25		
Lantai 2	R. Pribadi + Koridornya	R.tidur	192	Spesi	21	115.53
				keramik	16.5	
	R. Publik + Koridornya	R. Pelayanan	479	Penggantung	8	
		Koridor Lift		Plafon	5.03	
		R. rapat		M & E	40	
				Plumbing	25	
Lantai 3-7	R. Pribadi + Koridornya	R. Tidur	192	Spesi	21	115.53
				keramik	16.5	
				Penggantung	8	
				Plafon	5.03	
	R. Publik + Koridornya	Lift	479	M & E	40	
		Tangga		Plumbing	25	

Atap	Tributari area	Beban hidup(kg/m2)	Beban tambahan		Total beban tambahan(kg/m2)
			Jenis	Beban(kg/m2)	
	AT 1	85.46304	Floor Hardener	5	132.03
	AT 2	96			
	AT 3	94.5024	Penggantung	8	
	AT 4	96			
	AT 5	96	Plafon	5.03	
	AT 6	96			
	AT 7	96	Air Hujan	49	
	AT 8	87.4272	M & E	40	
AT 9	96	Plumbing	25		

4.2.2 Pembebanan Struktur Tangga

Pembebanan pada struktur tangga memiliki kesamaan dengan pembebanan pelat lantai yaitu sesuai SNI 1727:2013 pasal 3.1.2.

Beban hidup (SNI 1727:2013 pasal 4.5)

- o Beban susuran tangga dan sistem pagar pengaman

Beban tiap titik pegangan = 89 kg

Susuran tangga = 73 kg/m

Dari kedua beban di atas tidak diasumsikan bekerja bersamaan. Untuk perencanaan maka diambil beban yang memiliki nilai paling kritis. Sementara untuk beban sistem batang pegangan = 111 kg.

- o Beban pada tangga tetap

Beban tetap tangga dengan anak tangga = 133 kg (terpusat) yang diterapkan pada titik tertentu untuk mendapat efek beban maksimum (SNI 1727:2013 pasal 4.5.4). Oleh sebab itu, beban terpusat diterapkan pada tengah bentang pelat baik pelat bordes dan pelat tangga. Sementara untuk beban perpanjangan susuran = 44,5 kg.

Pembebanan Tangga dan Bordes

a. Pembebanan Pelat Tangga

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat efektif tangga} = 0,22 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t = 2 cm)} = 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik (t = 1 cm)} = 1 \times 16,5 \text{ kg/m}^2 = 16,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Susuran Tangga} = 89 \text{ kg}$$

$$\text{Palang Pengaman} = 111 \text{ kg}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup tangga untuk bangunan hotel} = 479 \text{ kg/m}^2$$

b. Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat efektif tangga} = 0,22 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t = 2 cm)} = 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik (t = 1 cm)} = 1 \times 16,5 \text{ kg/m}^2 = 16,5 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup tangga untuk bangunan hotel} = 479 \text{ kg/m}^2$$

4.2.3 Pembebanan Dinding

Komponen dinding dalam permodelan struktur dimodelkan *open frame* yaitu bukan sebagai komponen struktur melainkan sebagai beban yang membebani balok dan sloof. Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.2 beban struktur bangunan harus merupakan beban bahan konstruksi yang sebenarnya. Oleh sebab itu, beban dinding diambil dari hasil survei material dinding yang ada.

Beban dinding

- Data hasil survei :

Bata ringan

Bata ringan			
Tipe	tebal	BJ(kg/m3)	Beban (kg/m2)
1	0,125	600	75
2	0,125	650	81,25

Acian

Acian				
Acian	T (cm)	A (m2)	W (kg)	Beban (kg/m2)
1	2	10	30	3
2	3	10	40	2,66667

Plesteran

Plester				
Plester	T (cm)	A (m2)	W (kg)	Beban (kg/m2)
1	1	2	40	30
2	0,8	4,5	50	20,83333

Beban yang dipakai adalah material yang memiliki berat paling besar pada masing-masing jenis. Beban yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bata ringan = $81,25 \text{ kg/m}^2$

Acian = 3 kg/m^2

Plesteran = 30 kg/m^2

Beban dinding total yaitu sebesar $= 114,25/\text{m}^2$

Rekapitulasi beban dinding tiap lantai

Di distribusikan ke balok					
GF	=	4.5	=	514.125	kg/m
Lt 1-8	=	3.3	=	377.025	kg/m

Catatan : Beban dinding hanya dibebankan pada balok tertentu yang di atasnya memikul beban dinding.

4.2.4 Pembebanan Angin

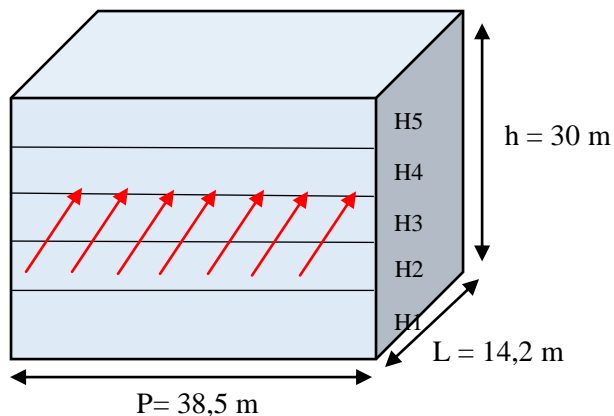
Dalam peraturan SNI 1727-2013 beban angin untuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari 4 prosedur yaitu prosedur pengarah untuk bangunan gedung seluruh ketinggian, prosedur amplop untuk bangunan gedung tingkat rendah, prosedur pengarah untuk perlengkapan bangunan gedung dan struktur-struktur lain, dan prosedur terowongan angin untuk setiap bangunan gedung atau struktur lain.

Berikut ini perhitungan beban angin terhadap bangunan gedung Hotel Pekanbaru :

❖ Arah Datang Angin Tegak Lurus Panjang Bangunan

a. Data Bangunan

- Fungsi bangunan : Hotel
- Tinggi bangunan (h) : 30 meter
- Lebar bangunan (L) : 14,2 meter
- Panjang bangunan (P) : 38,5 meter
- Jumlah lantai : 8 lantai
- H1 : 4,5 meter
- H2 = H3 = H4 = H5 : 3,3 meter
- Jenis atap : Datar ($\alpha = 0$)



Kategori Bangunan

➤ Perhitungan yang diperlukan

Kategori bangunan : **Bangunan Tinggi dan Tertutup**

Syarat :

$$1. \quad h \leq 91 \text{ m}$$

$$30 \leq 91 \text{ m (memenuhi)}$$

$$2. \quad L_{eff} = (\sum_{i=1}^n h_i) / (\sum_{i=1}^n h_i)$$

$$L_{eff} = 392/30$$

$$L_{eff} = 13$$

$$h < (4 \times L_{eff})$$

$$h < 52 \text{ (memenuhi)}$$

$$3. \quad n = 43,5/h^{0,9}$$

$$n = 2 \text{ Hz} \geq 1 \text{ Hz}$$

Maka tergolong jenis **Bangunan gedung kaku**

Bangunan Tertutup

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.2 bangunan gedung Hotel Pekanbaru ini termasuk dalam kategori bangunan gedung tertutup. Hal ini dikarenakan bangunan Hotel tidak memiliki luas bukaan dinding yang menerima tekanan eksternal positif lebih dari 10%.

➤ Langkah-Langkah Perhitungan Beban Angin

1. Menentukan Kategori Risiko Bangunan

Untuk menentukan kategori risiko suatu bangunan dapat diklasifikasikan berdasarkan penggunaan atau pemanfaatan fungsi bangunan gedung itu sendiri. Hotel Pekanbaru ini memiliki fungsi sebagai penginapan yaitu sama halnya dengan fungsi bangunan apartemen atau hotel yang tergolong dalam kategori risiko II. (SNI 1727-2013, pasal 1.2 dan tabel 1.5-1).

Tabel 4. 2. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Struktur lainnya

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

2. Menentukan Kecepatan Angin Dasar (V)

Besar kecepatan angin dasar yang digunakan dalam perencanaan Gedung Hotel Pekanbaru ini didapatkan dari data BMKG berdasarkan lokasi tempat bangunan akan didirikan sebesar $19 \text{ km/jam} = 5,3 \text{ m/s}$

3. Menentukan Parameter Beban Angin :

➤ Faktor arah angin (K_d)

Untuk menentukan besar faktor arang angin (K_d) dapat melihat SNI 1727-2013 pasal 26.6 dan tabel 26.6-1

Tabel 4. 3. Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Berdasarkan pada tabel faktor arah angin diatas, Maka besar faktor K_d yang digunakan adalah 0,85. Hal ini dikarenakan dalam Tugas Akhir ini objek yang dihitung adalah bangunan gedung dengan atap datar dan beban angin yang menggunakan sistem penahan beban angin utama.

➤ Kategori eksposur

Kategori eksposur yang digunakan dalam perencanaan beban angin ini adalah eksposur jenis B. Hal ini dikarenakan direncanakan bangunan akan dibangun di tengah perkotaan (kekasaran permukaan B) dengan tinggi bangunan lebih dari 9,1 meter dan bangunan berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari yang terbesar antara 792 meter dengan 20 tinggi bangunan. (Lihat SNI 1727-2013, pasal 26.7).

➤ Faktor topografi (K_{zt})

Nilai faktor topografi (K_{zt}) yang digunakan dalam perencanaan ini adalah 1,0. Hal ini dikarenakan kondisi situs dan lokasi gedung tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam pasal 26.8.1 yaitu yang berbunyi bahwa bangunan berada di atas bukit, bukit memanjang, dan tebing curam. Sedangkan bangunan Hotel Pekanbaru yang direncanakan dalam Tugas Akhir ini akan dibangun di tengah perkotaan. (Lihat SNI 1727-2013, 26.8.2).

➤ Faktor efek tiup angin (G)

Faktor efek tiupan angin untuk bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85 (Lihat SNI 1727-2013, pasal 26.9.1).

➤ Klasifikasi ketertutupan bangunan

Bangunan Gedung Asrama Mahasiswa masuk dalam klasifikasi bangunan tertutup. Hal ini dikarenakan bangunan Gedung Asrama tidak memiliki luas bukaan dinding yang menerima tekanan eksternal positif lebih dari 10% (Syarat dari

bangunan tertutup sebagian) dan 80% (syarat dari bangunan terbuka). Lihat SNI 1727, pasal 26.10.

4. Menentukan Koefisien Eksposur Tekan Velositas (K_z atau K_h)

Koefisien eksposur tekanan velositas (K_z atau K_h) dapat ditentukan dari formula berikut : (SNI 1727-2013 pasal 27.3.1)

- Untuk $15\text{ft} \leq z \leq Z_g \rightarrow$ Maka Menggunakan rumus K_z

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{Z_g} \right)^{2/\alpha}$$

- Untuk $z \leq 15\text{ft} \rightarrow$ Maka Menggunakan rumus K_z

$$K_z = 2,01 \left(\frac{15}{Z_g} \right)^{2/\alpha}$$

Diketahui nilai z (tinggi bangunan diatas tanah) bangunan gedung asrama mahasiswa adalah 17 meter (56,7 ft). Sedangkan nilai Z_g dari bangunan adalah 900 ft (lihat SNI 1727-2013, tabel 26.9-1 dengan melihat kategori eksposur bangunan).

Berdasarkan data diatas, maka rumus yang dipakai adalah

$$15\text{ft} \leq z \leq Z_g$$

$$15\text{ft} \leq 56,7\text{ft} \leq 900\text{ft} \rightarrow \text{OKE}$$

$$\text{Sehingga nilai } K_z = 2,01 \left(\frac{56,7}{900} \right)^{2/9,5} = 0,9372$$

Mengingat atap bangunan adalah datar, maka nilai $K_z = K_h$

5. Menentukan Tekanan Velositas (q_z atau q_h)

Untuk mendapatkan nilai tekan velositas maka menggunakan persamaan $q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$

$$= 0,613 \cdot 0,9372 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot (5,2)^2$$

$$= 13,603 \text{ N/m}^2$$

Mengingat atap bangunan adalah datar, maka nilai $q_z = q_h$

(Lihat SNI 1727-2013, pasal 27.3.2)

6. Menentukan Koefisien Tekanan Eksternal (C_p)

Untuk menentukan nilai C_p , dipengaruhi oleh jenis dinding dan atap yang digunakan dalam suatu bangunan. Mengingat bangunan gedung asrama mahasiswa menggunakan

dinding dan atap datar, maka menggunakan tabel dibawah ini
(Lihat SNI 1727-2013, pasal 27.4)

Tabel 4. 4. Menentukan Nilai Koefisien Tekanan Dinding (C_p)

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

Dimana :

L = Dimensi horizontal bangunan tegak lurus arah datang angin

B = Dimensi horizontal bangunan sejajar arah datang angin

Tabel 4. 5. Nilai C_p bangunan gedung hotel Pekanbaru

KOEFSISIEN TEKANAN DINDING (C_p)					
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan	q	qi
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0.8	qz	13.603	0
Dinding di sisi angin pergi	0.37	-0.5	qh	13.603	0
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0.7	qh	13.603	0

7. Menentukan Nilai Tekanan Angin (P)

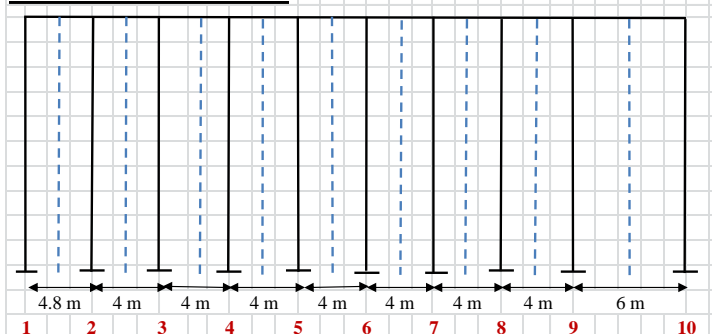
$$P = (q.G.C_p) - [q_i.(G_{cpi})]$$

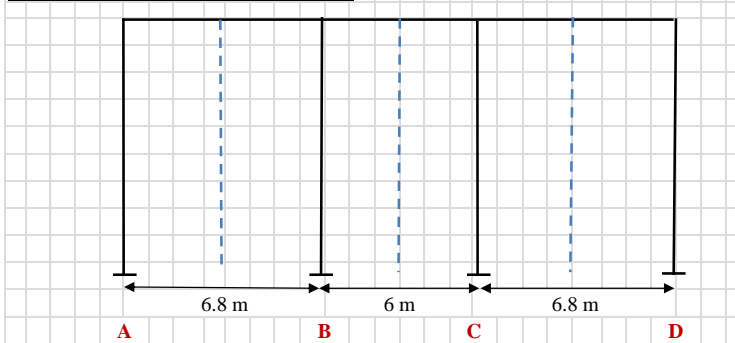
$$\text{Tekanan angin datang} = 9,2497 \text{ N/m}^2 = 0,925 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tekanan angin pergi} = -5,781 \text{ N/m}^2 = -0,578 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tekanan dinding tepi} = -8,093 \text{ N/m}^2 = -0,809 \text{ kg/m}^2$$

TAMPAK DEPAN & BELAKANG



TAMPAK SAMPING KIRI & KANAN

Tabel 4. 6. Nilai Beban Angin Terdistribusi pada setiap kolom

Komponen	Kolom	Nilai	Satuan
Tekanan Angin Datang (Dinding Depan)	2	4.0699	kg/m
	3	3.6999	kg/m
	4	3.6999	kg/m
	5	3.6999	kg/m
	6	3.6999	kg/m
	7	3.6999	kg/m
	8	3.6999	kg/m
	9	4.6249	kg/m
Tekanan Angin Pergi	B	-3.7	kg/m
	C	-3.7	kg/m
Tekanan Dinding Tepi	1	-1.942	kg/m
	10	-2.428	kg/m
	A	-2.752	kg/m
	D	-2.752	kg/m

Komponen	Kolom	Nilai	Satuan
Tekanan Angin Pergi (Dinding Belakang)	2	-2.544	kg/m
	3	-2.312	kg/m
	4	-2.312	kg/m
	5	-2.312	kg/m
	6	-2.312	kg/m
	7	-2.312	kg/m
	8	-2.312	kg/m
	9	-2.891	kg/m

4.2.5 Pembebanan Gempa

Beban dinamis adalah beban yang besarnya (intensitas) berubah-ubah menurut fungsi waktu, walaupun hanya dalam rentang waktu tertentu namun dapat menyebabkan kerusakan pada strukturesebuah bangunan, sehingga harus diperhitungkan dalam perencanaan sebuah struktur yang termasuk beban dinamis yaitu Beban gempa.

Perhitungan Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini direncanakan menggunakan ketentuan sesuai peraturan "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung" yaitu SNI 03-1726-2012. Dalam perhitungan ini direncanakan struktur dapat menahan level gempa sebesar probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (Gempa2500 tahun). Dalam proses perencanaan beban gempa 2500 tahun diperlukan beberapa informasi bangunan gedung itu sendiri, diantaranya yaitu lokasi, jenis/fungsi bangunan, jenis tanah tempat berdirinya bangunan. Setelah itu diperlukan juga parameter-parameter gempa dengan melihat peta Hazard Gempa Indonesia 2010.

Bangunan tugas akhir Terapan ini terletak di kota Surabaya, fungsi bangunan yaitu tergolong sebagai bangunan gedung perhotelan dengan karakter jenis tanah lokasi bangunan adalah SEDANG. Dalam proses permodelan beban gempa kedalam program SAP menggunakan metode responspektrum. Data hubungan periode fundamental gempa (T) dengan data percepatan respon spektra (S_a) didapatkan dengan cara menghitung manual dengan menggunakan rumus yang telah tertuang dalam peraturan SNI 03-1726-2012. Setelah itu di check kebenarannya dengan website resmi pemerintah akan perencanaan gempa yaitu www.puskim.pu.go.id.

- a. Lokasi Bangunan : Direncanakan bangunan akan didirikan di lokasi sekitar kota SURABAYA
- b. Menentukan Kelas Situs

Dalam menentukan kelas situs tanah, maka diperlukan data tanah dari tempat bangunan yang akan didirikan. Data tanah tersebut berupa hasil test soundir atau borlock yang kemudian diolah hingga mendapatkan nilai V atau N atau S. Berdasarkan data tanah yang telah di hitung dengan acuan nilai rata2 penetrasi (N) didapat jenis tanah sedang (SD). Dimana kriteria kelas situs jenis batuan dapat dilihat pada SNI 1726-2012 Tabel 3.

Kelas situs	V_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (Batuan Keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, dan bantuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 mtanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah ▪ Lempung sangat organik atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) ▪ Lempung ber plastisitas sangat tinggi (ketebala $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa		

Catatan : N/A tidak dapat dipakai

c. Menentukan Parameter Respons Spektral Percepatan

Dalam Menentukan nilai S_s (respon spektra percepatan 0,2 detik) dan nilai S_1 (respon spektra percepatan 1,0 detik) untuk Gempa 2500 tahun (probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun) diperlukan data tempat lokasi gedung akan dibangun. Setelah itu melihat peta hazard gempa Indonesia tahun 2010.

c.1 Menentukan nilai (S_s) respons spektral percepatan gempa periode pendek

$S_s = 0,7$ (Lihat gambar 8 Peta hazard gempa Indonesia tahun 2010 untuk kota Pekanbaru)

c.2 Menentukan nilai (S_1) respons spektral percepatan gempa periode 1.0 detik

$S_1 = 0,2$ (Lihat gambar 9 Peta hazard gempa Indonesia tahun 2010 untuk kota Pekanbaru)

d. Menentukan Koefisien Situs periode pendek (F_a) dan Periode 1.0 detik (F_v)

Untuk mendapatkan nilai koefisien situs periode pendek (F_a) dan periode 1.0 detik. Maka diperlukan data jenis tanah dan nilai parameter respons spektral percepatan gempa yaitu S_s & s_1 yang kemudian dikonfirmasi pada tabel 4 dan tabel 5 SNI 1726-2012.

d.1 Menentukan nilai koefisien situs periode pendek (F_a) dengan diketahui data $S_s = 0,663$

Tabel 4 Koefisien situs, F_s

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_E) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SS ^a					

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Berdasarkan data tabel di atas, maka diperlukan interpolasi sehingga diketahui nilai $F_a = 1,3$

- d.2 Menentukan nilai koefisien situs periode 1.0 detik (F_v) dengan diketahui data $S_1 = 0,247$

Tabel 5 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_g terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Berdasarkan data tabel di atas, maka diperlukan interpolasi sehingga diketahui nilai $F_v = 1,9$

- e. Menentukan parameter respons spektrum S_{ms} dan S_{m1}

- e.1 Nilai parameter respons spektrum percepatan periode pendek (S_{ms})

$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_a \times S_s \\ &= 1,27 \times 0,7 \\ &= 0,842 \end{aligned}$$

- e.2 Nilai parameter respons spektrum percepatan periode 1.0 detik (S_{m1})

$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_v \times S_1 \\ &= 1,9 \times 0,2 \\ &= 0,471 \end{aligned}$$

- f. Menentukan parameter percepatan spektral desain

- f.1 Nilai parameter percepatan spektral desain periode pendek (SD_s)

$$SD_s = 2/3 S_{ms} = 0,561$$

- f.2 Nilai parameter percepatan spektral desain periode pendek (SD_1)

$$SD_1 = 2/3 S_{m1} = 0,314$$

- g. Menentukan nilai T_0

$$T_0 = 0,2 \times \frac{SD_1}{SD_s} = 0,2 \times \frac{0,314}{0,6} = 0,112$$

- h. Menentukan nilai T_s

$$T_s = \frac{SD_1}{SD_s} = \frac{0,3139}{0,6} = 0,559$$

Tabel 4. 7. Rekapitulasi Nilai Parameter Respon Spektrum Desain

PARAMETER	NILAI	KETERANGAN
Probabilitas Gempa	2500 T_h	ketentuan Peraturan SNI Gempa Terbaru
Fungsi Bangunan	Hotel	Data Bangunan
Tinggi bangunan (h)	27.6	Data Bangunan
Berat bangunan (W)	311959.5	Data Bangunan
Lokasi Bangunan	Pekanbaru	Data Objek Bangunan
Karakteristik Tanah	Sedang	Hasil Data Tanah
Respon Spketra S_s	0.663	Gambar 8 (Peta Hazard Gempa Indonesia 2010)
Respon Spketra S_1	0.247	Gambar 9 (Peta Hazard Gempa Indonesia 2010)
Koefisien Situs F_a	1.270	Tabel 4 Koefisien Situs, F_a ((SNI 1726 : 2012)
Koefisien Situs F_v	1.906	Tabel 5 Koefisien Situs, F_v ((SNI 1726 : 2012)
R.Spektral MCE (S_{ms}) = $F_a.S_s$	0.842	Persamaan 5 (SNI 1726 : 2012)
R.Spektral MCE (S_{m1}) = $F_v.S_1$	0.471	Persamaan 6 (SNI 1726 : 2012)
Perc. Spektral $SD_s = 2/3 S_{ms}$	0.561	Persamaan 7 (SNI 1726 : 2012)
Perc. Spektral $SD_1 = 2/3 S_{m1}$	0.314	Persamaan 8 (SNI 1726 : 2012)
$T_0 = 0.2 SD_1/SD_s =$	0.112	Halaman 23 (SNI 1726 : 2012)
$T_s = SD_1/SD_s =$	0.559	Halaman 23 (SNI 1726 : 2012)
Kategori Resiko Bangunan	II	Tabel 1 (SNI 03-1726-2012)
Faktor Keutamaan Gempa (I)	1	Tabel 2 (SNI 03-1726-2012)
Koefisien Modifikasi respon (R)	8	Tabel 9 (SNI 03-1726-2012) SRPMK
Koef. Resp seismik $C=SD_s/(R/I)$	0.070	Persamaan 22 (SNI 03-1726-2012)
Periode Fundamental (T)= $C_t \cdot h^x$	0.588	Persamaan 26 (SNI 03-1726-2012)
Gaya Gempa (F_g) = $C \times W_t$	21882.52	Persamaan 31 (SNI 03-1726-2012)

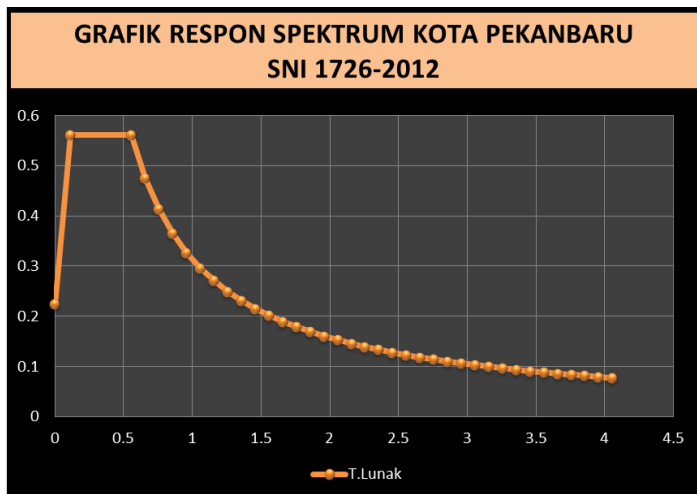
Menentukan Spektrum Respons Desain (S_a)

- Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , Spektrum respons percepatan desain S_a harus diambil dari persamaan 9 (SNI 1726 : 2012) yaitu : $S_a = SD_s (0,4 + 0,6 * (T/T_0))$
- Untuk Periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , Spektrum respons percepatan desain $S_a = SD_s$
- Untuk periode yang lebih besar dari T_s , Spektrum respons percepatan desain S_a harus diambil dari persamaan 10 (SNI 1726 : 2012) yaitu : $S_a = SD_1 / T$
- ntuk Periode sama dengan 0, Maka Spektrum respons percepatan desain $S_a = 0,4 SD_s$

Tabel Nilai Spektrum Respons Desain (Sa) Lokasi kota Surabaya dengan Kelas Situs Tanah Lunak

Berdasarkan Peraturan SNI 1726-2012 Gempa Probabilitas Terlampau 2% dalam 50 Tahun

Periode	Nilai T (Detik)	Nilai Sa (g)	Periode	Nilai T (Detik)	Nilai Sa (g)
0	0.00	0.2245	Ts+1.7	2.26	0.1389
T0	0.11	0.5612	Ts+1.8	2.36	0.1330
Ts	0.56	0.5612	Ts+1.9	2.46	0.1276
Ts+0.1	0.66	0.4760	Ts+2.0	2.56	0.1226
Ts+0.2	0.76	0.4134	Ts+2.1	2.66	0.1180
Ts+0.3	0.86	0.3652	Ts+2.2	2.76	0.1137
Ts+0.4	0.96	0.3272	Ts+2.3	2.86	0.1098
Ts+0.5	1.06	0.2963	Ts+2.4	2.96	0.1061
Ts+0.6	1.16	0.2707	Ts+2.5	3.06	0.1026
Ts+0.7	1.26	0.2492	Ts+2.6	3.16	0.0993
Ts+0.8	1.36	0.2309	Ts+2.7	3.26	0.0963
Ts+0.9	1.46	0.2151	Ts+2.8	3.36	0.0934
Ts+1.0	1.56	0.2013	Ts+2.9	3.46	0.0907
Ts+1.1	1.66	0.1891	Ts+3.0	3.56	0.0882
Ts+1.2	1.76	0.1784	Ts+3.1	3.66	0.0858
Ts+1.3	1.86	0.1688	Ts+3.2	3.76	0.0835
Ts+1.4	1.96	0.1602	Ts+3.3	3.86	0.0813
Ts+1.5	2.06	0.1524	Ts+3.4	3.96	0.0793
Ts+1.6	2.16	0.1454	Ts+3.5	4.06	0.0773



4.3 Permodelan Struktur dan Kontrol Dinamis

4.3.1 Kontrol Periode Fundamental

Data Perencanaan :

H bangunan = 30

SDs = 0,561

SD1 = 0,314

Ct = 0,0466

Cu = 1,4

x = 0,9

Nilai Periode Fundamental Pendekatan = $T_a = 0,99$

Nilai T hasil analisa struktur (SAP) = $T = 1,27$

Nilai Periode T_a batas atas = $T_a \text{ atas} = 1,39291$

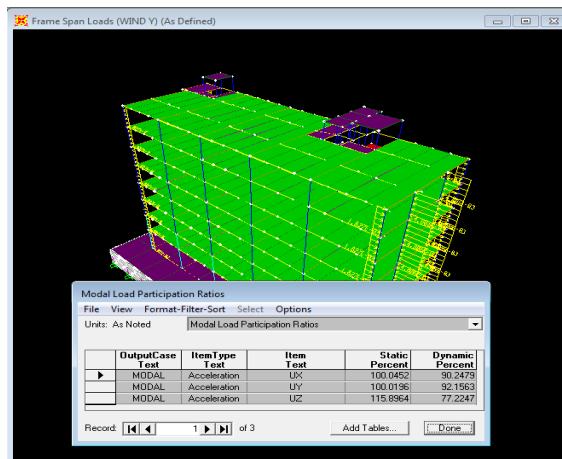
Kontrol Persyaratan

$T_a < T < T_a \text{ atas}$

$0,995 < 1,272 < 1,393$ (**memenuhi**)

4.3.2 Kontrol Mass Participation

TABLE: Modal Load Participation Ratios						
OutputCase	Item Type	Item	Static	Dynamic	Syarat	Keterangan
Text	Text	Text	Percent	Percent	Percent	
MODAL	Acceleration	UX	100.0639	90.2479	> 90	MEMENUHI
MODAL	Acceleration	UY	100.0724	92.1563	> 90	MEMENUHI



4.3.3 Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Diketahui :

T (mode 1) = 1,272 (pada mode 1 T run SAP)
 SDs = 0,561 (Lihat puskim.pu.go.id Surabaya)
 SD1 = 0,314 (Lihat puskim.pu.go.id Surabaya)
 R = 8 (SRPMK)
 I = 1 (Hotel / apartemen)
 Wt = 92988,2613 KN

Mencari nilai Cs

Parameter	Cs Minimum	Cs	Cs Maksimum
Rumus	$0.044 \times SDs \times I$	$SDs/(R/I)$	$SD1/(T(R/I))$
Nilai	0.0247	0.0701	0.0309
Syarat :	Cs Minimum <	Cs <	Cs Maksimum
	0.0247 <	0.0701 <	0.0309
	Maka nilai Cs yang digunakan yaitu = 0.0309		

Nilai V static = Cs x Wt
 = 2869,3 kN

Nilai V Base Shear analisa SAP

Arah X = 3744,8 kN

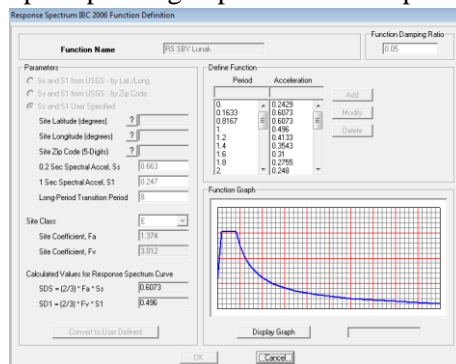
Arah Y = 3009,8 kN

Syarat : V Base Shear > 0,85 x V static

Arah X : 3744,8 > 2438,9 (memenuhi)

Arah Y : 3009,8 > 2438,9 (memenuhi)

Grafik respon spektra gempa beserta nilai parameternya



4.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Data Perencanaan :

Fungsi bangunan : Hotel / Apartemen
 Sistem struktur yang digunakan : SRPMK
 Faktor keutamaan gempa (I_e) : 1
 Faktor C_d sistem penahan gempa : 5,5

Gempa Arah X (UI 100%)

Lantai		Elevasi (m)	Tinggi antar tingkat (m)	δe (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	δa (mm)	KETERANGAN
Lantai	AL	33	2.4	29.116	1.421	7.813	48	OK
Lantai	ATAP	30.6	3.3	27.695	2.150	11.825	66	OK
Lantai	7	27.3	3.3	25.545	2.589	14.241	66	OK
Lantai	6	24	3.3	22.956	3.073	16.900	66	OK
Lantai	5	20.7	3.3	19.883	3.487	19.179	66	OK
Lantai	4	17.4	3.3	16.396	3.812	20.965	66	OK
Lantai	3	14.1	3.3	12.584	3.968	21.822	66	OK
Lantai	2	10.8	3.3	8.616	3.820	21.008	66	OK
Lantai	1	7.5	4.5	4.797	3.988	21.935	90	OK
Lantai	GF	3	3	0.809	0.809	4.448	60	OK
Lantai	BS	0	0	0.000				

Gempa Arah Y (U2 100%)

Lantai		Elevasi (m)	Tinggi antar tingkat (m)	δe (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	δa (mm)	KETERANGAN
Lantai	AL	33	2.4	17.097	0.674	3.705	48	OK
Lantai	ATAP	30.6	3.3	16.423	0.899	4.942	66	OK
Lantai	7	27.3	3.3	15.525	1.287	7.080	66	OK
Lantai	6	24	3.3	14.238	1.650	9.075	66	OK
Lantai	5	20.7	3.3	12.588	1.963	10.797	66	OK
Lantai	4	17.4	3.3	10.624	2.221	12.217	66	OK
Lantai	3	14.1	3.3	8.403	2.435	13.390	66	OK
Lantai	2	10.8	3.3	5.969	2.460	13.532	66	OK
Lantai	1	7.5	4.5	3.508	3.000	16.502	90	OK
Lantai	GF	3	3	0.508	0.508	2.794	60	OK
Lantai	BS	0	0	0.000				

4.3.5 Kontrol Berat Bangunan

Perhitungan Beban Mati dan Beban Hidup Setiap Plaat Lantai

Perhitungan Beban Lantai 1 s/d 7

Beban Mati	kg/m
Spesi 1 cm	21
Keramik 1 cm	16.5
Plafond	5.03
Penggagntung	8
Plumbing	25
M & E	40
Total	115.53
Beban mati x L. Lan	62304.1737

Perhitungan Beban Lantai Plat Atap

Beban Mati	Kg/m
Floor Hardener	5
Plafond	5.03
Penggantung	8
Plumbing	25
M & E	40
Total	83.03
Beban Hidup	96
Beban mati x L. Lan	47825.28

Tabel 4. 8. Berat Bangunan (W) pada Tiap Lantai

Basement	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat (kg)
	Kolom 1 80/80	0.8	0.8	2400	1.5	24	55296
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	1.5	21	39312
	Kolom 3 30/30	0.3	0.3	2400	1.5	33	10692
	Sloof 25/35	0.25	0.35	2400	495.48	-	104051
	Plat Basement t=25 cm	Luas	1047.61	2400	Tebal	0.14	351997
	Dinding Bsmt t=25 cm	Keliling	137.8	2400	Tinggi	1.5	496080
	Floor Hardener	Luas	1047.61	5	-	-	5238.05
	Total Beban Mati						1E+06
	Beban Hidup	Luas	1047.61	192	Reduksi	0.3	60342
	TOTAL = 1DL + 1LL						1E+06
Ground Floor	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 1 80/80	0.8	0.8	2400	3.75	24	138240
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	3.75	21	98280
	Kolom 3 30/30	0.3	0.3	2400	1.5	33	10692

	BLK IND MEM 30/45	0.3	0.45	2400	14.2	6	30391.2
	BLK IND MEL 40/60	0.4	0.6	2400	38.5	4	103772
	BLK ANK 25/35	0.25	0.35	2400	304.48	-	63940.8
	Plat Lantai	Luas	976.75	2400	Tebal	0.14	328188
	Dinding Bsmt t=25 cm	Keliling	137.8	2400	Tinggi	1.5	496080
	Dinding Sitikon	Keliling	327.45	114.25	Tinggi	2.25	84175.1
	Spesi	Luas	976.75	21	-	-	20511.8
	Keramik	Luas	976.75	16.5	-	-	16116.4
	Total Beban Mati						1E+06
	Beban Hidup	Luas	976.75	479	Reduksi	0.3	140359
Lantai 1 W 1	TOTAL						2E+06
	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 1 80/80	0.8	0.8	2400	3.9	24	143770
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	3.9	16	105955
	Kolom 3 30/30	0.3	0.3	2400	2.25	3	1458
	BLK IND MEM	0.3	0.45	2400	19.1	5	33728.4

	30/45						
	BLK IND MEL 40/60	0.4	0.6	2400	30.8	4	88652.2
	BLK ANK 25/35	0.25	0.35	2400	200.73	-	42153.3
	Plat Lantai	Luas	576	2400	Tebal	0.14	193536
	Dinding	Keliling	229.2	114.25	Tinggi	3.9	102126
	Beban Mati Tambahan						62304
	Total Beban Mati						773683
	Beban Hidup	Luas	576	479	Reduksi	0.3	82771
	TOTAL						856454
Lantai 2 W 2	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 1 80/80	0.8	0.8	2400	1.65	24	60825.6
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	92.4	-	115315
	BLK IND MEM 30/45	0.3	0.45	2400	14.2	6	30391.2
	BLK IND MEL 40/60	0.4	0.6	2400	30.8	4	88652.2
	BLK ANK 30/50	0.3	0.5	2400	184.88	-	66556.8
	Plat Lantai	Luas	539.29	2400	Tebal	0.14	181201

	Dinding	Keliling	321.5	114.25	Tinggi	3.3	121214
	Beban Mati Tambahan						62304
	Total Beban Mati						726460
	Beban Hidup	Luas	539.29	479	Reduksi	0.3	77496
	TOTAL						803956
Lantai 3 W 3	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	132	-	164736
	BLK IND MEM 30/45	0.3	0.45	2400	14.2	6	30391.2
	BLK IND MEL 40/60	0.4	0.6	2400	30.8	4	88652.2
	BLK ANK 30/50	0.3	0.5	2400	184.88	-	66556.8
	Plat Lantai	Luas	539.29	2400	Tebal	0.14	181201
	Dinding	Keliling	321.5	114.25	Tinggi	3.3	121214
	Beban Mati Tambahan						62304
	Total Beban Mati						715055
	Beban Hidup	Luas	539.29	192	Reduksi	0.3	31063
	TOTAL						746118

Lantai 4 W 4	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	132	-	164736
	BLK IND MEM 30/45	0.3	0.45	2400	14.2	6	30391.2
	BLK IND MEL 40/60	0.4	0.6	2400	30.8	4	88652.2
	BLK ANK 30/50	0.3	0.5	2400	184.88	-	66556.8
	Plat Lantai	Luas	539.29	2400	Tebal	0.14	181201
	Dinding	Keliling	321.5	114.25	Tinggi	3.3	121214
	Beban Mati Tambahan						62304
	Total Beban Mati						715055
	Beban Hidup	Luas	539.29	192	Reduksi	0.3	31063
	TOTAL						746118
Lantai 5 W 5	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	132	-	164736
	BLK IND MEM 30/45	0.3	0.45	2400	14.2	6	30391.2
	BLK IND MEL 40/60	0.4	0.6	2400	30.8	4	88652.2

	BLK ANK 30/50	0.3	0.5	2400	184.88	-	66556.8
	Plat Lantai	Luas	539.29	2400	Tebal	0.14	181201
	Dinding	Keliling	321.5	114.25	Tinggi	3.3	121214
	Beban Mati Tambahan						62304
	Total Beban Mati						715055
	Beban Hidup	Luas	539.29	192	Reduksi	0.3	31063
	TOTAL						746118
Lantai 6 W 6	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	132	-	164736
	BLK IND MEM 30/45	0.3	0.45	2400	14.2	6	30391.2
	BLK IND MEL 40/60	0.4	0.6	2400	30.8	4	88652.2
	BLK ANK 30/50	0.3	0.5	2400	184.88	-	66556.8
	Plat Lantai	Luas	539.29	2400	Tebal	0.14	181201
	Dinding	Keliling	321.5	114.25	Tinggi	3.3	121214
	Beban Mati Tambahan						62304
	Total Beban Mati						715055
	Beban Hidup	Luas	539.29	192	Reduksi	0.3	31063

	TOTAL						746118
Lantai 7 W 7	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	132	-	164736
	BLK IND MEM 30/45	0.3	0.45	2400	14.2	6	30391.2
	BLK IND MEL 40/60	0.4	0.6	2400	30.8	4	88652.2
	BLK ANK 30/50	0.3	0.5	2400	184.88	-	66556.8
	Plat Lantai	Luas	539.29	2400	Tebal	0.14	181201
	Dinding	Keliling	321.5	114.25	Tinggi	3.3	121214
	Beban Mati Tambahan						62304
	Total Beban Mati						715055
	Beban Hidup	Luas	539.29	192	Reduksi	0.3	31063
	TOTAL						746118
Lantai Atap	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	92.4	-	115315
	BLK IND MEM 30/45	0.3	0.45	2400	14.2	6	30391.2
	BLK IND MEL	0.4	0.6	2400	30.8	4	88652.2

	40/60						
	BLK ANK 30/50	0.3	0.5	2400	184.88	-	66556.8
	Plat Lantai	Luas	539.29	2400	Tebal	0.14	181201
	Dinding	Keliling	321.5	114.25	Tinggi	1.65	104684
	Beban Mati Tambahan						47825
	Total Beban Mati						634626
	Beban Hujan	Luas	539.29	49			26425
	Beban Hidup	Luas	539.29	96	Reduksi	0.3	15532
	TOTAL						676583
Atap Lift	Komponen	b(m)	h(m)	Bj(kg/m3)	Panjang	Jumlah	Berat
	Kolom 2 65/80	0.65	0.8	2400	19.2	-	23961.6
	BLK ANK 30/50	0.3	0.5	2400	47.02	-	16927.2
	Plat Lantai	Luas	36.825	2400	Tebal	0.14	12373.2
	Dinding	Keliling	19.2	114.25	Tinggi	2.4	5264.64
	Beban Mati Tambahan						47825
	Total Beban Mati						106352
	Beban Hujan	Luas	36.825	49			1804.4
	Beban Hidup	Luas	36.825	96	Reduksi	0.3	1060.6

	TOTAL						109217
Tangga &Bordes	Komponen	Luas	m2	Bj(kg/m3)	Tebal	Jumlah	Berat
	Pelat Bordes	Luas	4.725	2400	0.14	17	26989.2
	Pelat + anak Tangga	Luas	5.135	2400	0.22	33	89472.2
	Beban Mati Tambhn	Luas	249.78	37.5			9366.75
	Beban Hidup	Luas	249.78	479			119645
	TOTAL						245473
REKAPIT ULASI	Bsmnt	1123008.1					
	GF	1530746.4					
	W1	856453.82					
	W2	803956.08					
	W3	746118.42					
	W4	746118.42					
	W5	746118.42					
	W6	746118.42	Wt Hasil Manual	Wt Hasil SAP			
	W7	746118.42	9076029.481 Kg	9298826.13 Kg			
	Atap	676583.26					
	Atap Lift	109216.91					
	T & B	245472.81					
	W Total	9076029	2.40%				

4.4 Perhitungan Struktur Sekunder

4.4.1 Perhitungan Tulangan Pelat Pracetak

Perhitungan penulangan plat precast akan dilakukan dalam 3 kondisi yaitu kondisi pengangkatan, kondisi sebelum komposit, dan kondisi setelah komposit. Kemudian dari ketiga nya akan dipilih kondisi yang paling kritis, sehingga tulangan yang dipakai pada seluruh plat adalah tulangan hasil dari kondisi yang paling kritis agar memudahkan dalam pengerjaannya.

4.4.1.1 Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan plat sesuai hasil perhitungan preliminary desain yang telah dihitung, yaitu sebagai berikut :

- a. Dimensi pelat pracetak = 560 cm x 192,5 cm
- b. Tebal pelat komposit = 120 mm
- c. Tebal pelat pracetak = 70 mm
- d. Tebal overtopping = 50 mm
- e. Tebal decking = 20 mm
- f. D tulangan Lentur = 13 mm
- g. D tulangan Susut = 10 mm
- h. Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- i. Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- j. Mutu baja (f_y) = 400 MPa

4.4.1.2 Tahapan Pengerjaan Pracetak



Gambar 1. Tahapan Pengerjaan Pracetak

4.4.1.3 Pembebanan Pelat Lantai

a. Saat Pengangkatan

1. Beban mati (DL)

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat sendiri pracetak} & = & 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban kejut pengangkatan} & = & 0,5 \times 168 = 84 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 \text{Total DL} & = & 252 \text{ kg/m}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka, Beban Ultimate } q_u &= 1,4 \times \text{Total DL} \\ &= 1,4 \times 252 = 352,8 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ Beban untuk 1 meter pias lebar pelat} &= 352,8 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ q_u &= 352,8 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

b. Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}1. \text{ Beban mati (DL)} \\ \text{Berat sendiri pracetak} &= 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Beban kejut pengangkatan} &= 0,05 \times 2400 \times 1,5 = 180 \text{ kg/m}^2 \\ \hline \text{Total DL} &= 348 \text{ kg/m}^2 \\ 2. \text{ Beban Hidup (LL)} &= 200 \text{ kg/m}^2 \text{ (Beban 2 pekerja)} \\ \text{Maka, Beban Ultimate} &= 1,4 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ q_u &= 487 + 320 = 807,2 \text{ kg/m}^2 \\ 3. \text{ Beban untuk 1 meter pias lebar pelat} &= 807,2 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} \\ &= 807,2 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

c. Kondisi Sesudah Komposit

$$\begin{aligned}1. \text{ Beban Mati (DL)} \\ \text{Berat sendiri pelat penuh} &= 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Keramik (t=1cm)} &= 1 \times 16,5 \text{ kg/m}^2 = 16,5 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Spesi (t=1 cm)} &= 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Plafond} &= 5,03 \text{ kg/m}^2 = 5,03 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Penggantung} &= 8 \text{ kg/m}^2 = 8 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Plumbing} &= 25 \text{ kg/m}^2 = 25 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Mechanical Electrical} &= 40 \text{ kg/m}^2 = 40 \text{ kg/m}^2 \\ \hline \text{Total Beban Mati (qD)} &= 424,5 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ Beban Hidup (LL)} \\ \text{Berdasarkan SNI 1727-2013 tabel 4-1 bahwasannya beban} \\ \text{hidup minimum untuk fungsi bangunan HOTEL adalah :}\end{aligned}$$

$$L_o = 192 \text{ kg/m}^2$$

Mengacupada SNI 1727:2013 Pasal 4.7.2, komponen struktur yang memiliki $K_{LL} A_T$ adalah $37,16 \text{ m}^2$ atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi dengan rumus berikut:

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \cdot A_T}} \right)$$

$$K_{LL} = 1 \text{ (Pelat satu arah)}$$

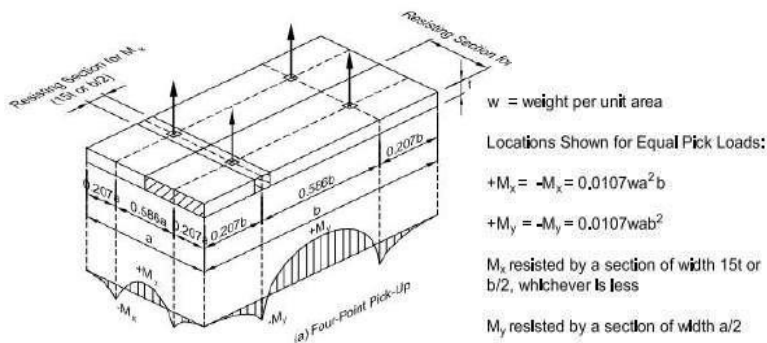
$$A_T = 5,6 \times 1,9225 = 10,78 \text{ m}^2 < 37,16$$

Maka, beban hidup tidak diizinkan untuk direduksi.

3. Beban Ultimate = $1,4 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
 $= 594,3 + 307,2 = 901,542 \text{ kg/m}^2$
4. Beban untuk 1 meter pias lebar pelat = $901,542 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$
 $= 901,542 \text{ kg/m}^2$

4.4.1.4 Penulangan Pelat Kondisi Pengangkatan

Menurut buku "*Precast and Prestressed Concrete*" tulangan yang diberikan pada komponen struktur harus mampu menahan momen yang terjadi saat pengangkatan. Dalam pengerjaan tugas akhir ini direncanakan pelat precast diangkat menggunakan 4 titik angkat.



Gambar Titik Pengangkatan Pelat

- **Momen yang Terjadi**

Momen Arah X: $M_x = 0,0107 \text{ qu } a^2 b$

$$M_x = 0,0107 \times 352,8 \times 5,6^2 \times 1,925$$

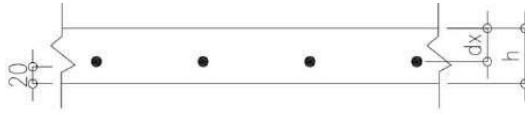
$$M_x = 227,89 \text{ kgm} = 2278868 \text{ Nmm}$$

Momen Arah Y: $M_y = 0,0107 \text{ qu } a b^2$

$$M_y = 0,0107 \times 352,8 \times 5,6 \times 1,925^2$$

$$M_y = 78,34 \text{ kgm} = 783361 \text{ Nmm}$$

Penulangan Pelat Arah X



Gambar 4. 1. Sketsa Penulangan Pelat Arah X Saat Pengangkatan

$$h = 70 \text{ mm}$$

$$dx = h - \text{decking} - 1/2 \varnothing$$

$$= 70 - 20 - 7 = 43,5 \text{ mm}$$

Pada perencanaan awal, \varnothing diasumsikan 0,9

$$\text{Nilai } \beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_{c-28}}{7} \geq 0,65 = 0,836 \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{2278867,853}{0,9 \times 1000 \times 45^2} = 1,338 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69 \text{ MPa}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,430}{400}} \right) = 0,0034$$

$$\rho \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,0034$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Maka, $\rho \text{ min}$ yang dipakai adalah $= 0,0035$

$\rho \text{ max}$ = Nilai ratio tulangan maksimum dihitung berdasarkan syarat bahwa regangan Tarik netto minimum yang boleh terjadi adalah sebesar 0,004 untuk memastikan terjadinya keruntuhan struktur yang bersifat daktail

$$\epsilon_u = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left(\frac{0,85 \times f_c \times \beta_1}{\rho \times f_y} - 1 \right)$$

$$0,004 = 0,003 \times \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,836}{\rho \times 400} - 1 \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,0228$$

$$\text{Kontrol : } \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,003438 < 0,0228 \text{ (Not OK)}$$

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besaran masif, luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari tulangan yang disyaratkan oleh analisis. Maka nilai ρ pakai diperbesar 33%.

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,003438 \times 1,33 = 0,00457$$

Tulangan Utama

$$A_s = \rho_{\text{pakai}} \times b \times dx = 0,0035 \times 1000 \times 44 = 152,5 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D13 mm ($A_s \text{ D13} = 132,7 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{A_s} = \frac{1000 \times 132,732}{152,250} = 871,81 \text{ mm}$$

Syarat : $S \leq 3 \text{ (h) atau } 450 \text{ mm} \dots (\text{SNI 2847-2013 pasal 10.5.4})$

$$S \leq 3 \text{ (7) atau } 450 \text{ mm}$$

$$S \leq 210 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, dipakai $S = 200 \text{ mm}^2$

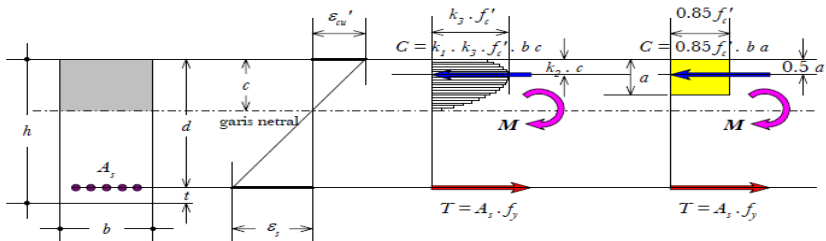
$$A_s \text{ pakai} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{S} = \frac{1000 \times 132,732}{200} = 663,7 \text{ mm}^2$$

Syarat = $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$= 663,661 > 152,25 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Faktor Reduksi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.3



Gambar 4. 2. Diagram Tegangan Pelat Arah X Saat Pengangkatan

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{663,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 10,41 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,41}{0,836} = 12,46 \text{ mm}$$

- Regangan Tarik

$$\epsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right)$$

$$\epsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{45}{8,696} - 1 \right) = 0,0075 \rightarrow \phi = 0,9$$

Dipakai $\phi = 0,9$ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2)

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (dx - 1/2a)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 663,7 \times 400 \times (43,5 - 1/2 \times 10,41)$$

$$\phi M_n = 9149324,58 \text{ Nmm} \rightarrow 9,149 \text{ KNm}$$

$$\text{Kontrol} = \phi M_n > M_u$$

$$= 9,149 \text{ KNm} > 2,279 \text{ KNm (Memenuhi)}$$

Jadi, tulangan yang digunakan adalah D13-200

Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1 V_u pada jarak dari tumpuan adalah sebesar :

$$V_u = q_u \left(\frac{l_x}{2} - \frac{dx}{1000} \right)$$

$$V_u = \frac{352,8}{1000} \left(\frac{5600}{2} - \frac{43,5}{1000} \right) = 987,8 \text{ kg} = 9,878 \text{ KN}$$

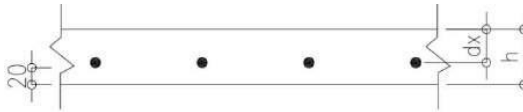
$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f_c} \cdot b \cdot dx)$$

$$\phi V_c = 0,75 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 43,5) \times 10^{-3}$$

$$\phi V_c = 30378,1 \text{ N} \rightarrow 30,38 \text{ KN}$$

$$\text{Syarat : } 1/2 \phi V_c \geq V_u \rightarrow 15,189 \geq 9,878 \text{ (Memenuhi)}$$

Penulangan Pelat Arah Y



Gambar 4. 3. Sketsa Penulangan Pelat Arah Y Saat Pengangkatan

$$h = 70 \text{ mm}$$

$$dx = h - \text{decking} - \varnothing - 1/2 \varnothing \\ = 70 - 20 - 13 - 7 = 31 \text{ mm}$$

Pada perencanaan awal, \varnothing diasumsikan 0,9

$$\text{Nilai } \beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_{c-28}}{7} \geq 0,65 = 0,84 \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{783360,8244}{0,9 \times 1000 \times 35^2} = 0,94 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69 \text{ MPa}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{F_y}} \right) \\ = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,07}{400}} \right) = 0,002384$$

$$\rho \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{400} = 0,0034$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Maka, $\rho \text{ min}$ yang dipakai adalah = 0,0035

$\rho \text{ max}$ = Nilai ratio tulangan maksimum dihitung berdasarkan syarat bahwa regangan Tarik netto minimum yang boleh terjadi adalah sebesar 0,004 untuk memastikan terjadinya keruntuhan struktur yang bersifat duktail

$$\varepsilon_u = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left(\frac{0,85 x f_c x \beta_1}{\rho x f_y} - 1 \right)$$

$$0,004 = 0,003 \times \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,836}{\rho \times 400} - 1 \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,0228$$

$$\text{Kontrol : } \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,002384 < 0,0228 \text{ (Not OK)}$$

Sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 10.5.3 sebagai alternative, untuk komponen struktur besardan masif, luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari tulangan yang disyaratkan oleh analisis. Maka nilai ρ pakai diperbesar 33%.

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,002384 \times 1,33 = 0,00317$$

Tulangan Utama

$$A_s = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d_y = 0,0035 \times 1000 \times 31 = 106,75 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D13 mm ($A_s \text{ D13} = 132,7 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{A_s} = \frac{1000 \times 132,732}{106,750} = 1243,39 \text{ mm}$$

Syarat : $S \leq 3 \text{ (h)}$ atau 450 mm ... (SNI 2847-2013 pasal 10.5.4)

$$S \leq 3 \text{ (7)} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$S \leq 210 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, dipakai $S = 200 \text{ mm}^2$

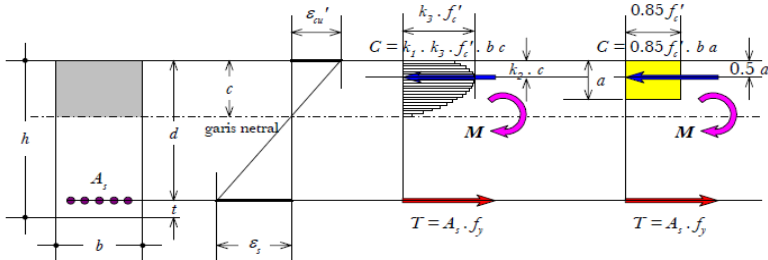
$$A_s \text{ pakai} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{S} = \frac{1000 \times 132,732}{200} = 663,7 \text{ mm}^2$$

Syarat = $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$= 663,661 > 106,75 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Faktor Reduksi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.3



Gambar 4. 4. Diagram Tegangan Pelat Arah Y Saat Pengangkatan

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{663,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 10,41 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,41}{0,836} = 12,46 \text{ mm}$$

- Regangan Tarik

$$\epsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{d_y}{c} - 1 \right)$$

$$\epsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{35}{7,371} - 1 \right) = 0,0043 \rightarrow \phi = 0,9$$

Dipakai $\phi = 0,9$ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2)

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (d_y - 1/2 a)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 663,7 \times 400 \times (35 - 1/2 \times 6,16)$$

$$\phi M_n = 6043389 \text{ Nmm} \rightarrow 6,043 \text{ KNm}$$

$$\text{Kontrol} = \phi M_n > M_u$$

$$= 6,043 \text{ KNm} > 0,783 \text{ KNm (Memenuhi)}$$

Jadi, tulangan yang digunakan adalah D13-200

Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1 V_u pada jarak dari tumpuan adalah sebesar :

$$V_u = q_u \left(\frac{l_y}{2} - \frac{d_y}{1000} \right)$$

$$V_u = \frac{352,8}{1000} \left(\frac{1925}{2} - \frac{30,5}{1000} \right) = 339,6 \text{ kg} = 3,396 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d_y)$$

$$\phi V_c = 0,75 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 35)$$

$$\phi V_c = 21299,6 \text{ N} \rightarrow 21,3 \text{ KN}$$

$$\text{Syarat : } 1/2 \phi V_c \geq V_u \rightarrow 10,650 \geq 3,396 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847-2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 3 hari.

$$f'_c = 0,65 \times f_c = 0,65 \times 30 = 19,5 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c} \rightarrow \lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{(13,8)} = 2,738 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 1000 \times 70^3 = 28583333,33 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,738 \times 28583333,33}{12,457} = 6282222,21 \text{ Nmm}$$

Momen layang yang bekerja adalah :

$$M_x = 0,0107 \cdot q D l \cdot a^2 \cdot b = 0,0107 \cdot 252 \cdot 1,925^2 \cdot 5,6$$

$$M_x = 1627762,752 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 0,0107 \cdot q D l \cdot a \cdot b^2 = 0,0107 \cdot 252 \cdot 1,925 \cdot 5,6^2$$

$$M_y = 559543,446 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 6282222,21 \text{ ; Nmm} \geq M_x = 1627762,752 \text{ Nmm (OK)}$$

$$M_{cr} = 6282222,21 \text{ ; Nmm} \geq M_y = 559543,446 \text{ Nmm (OK)}$$

Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Kontrol ini mengacu pada metode pengangkatan pelat yang dikeluarkan oleh PCI edisi ke-7, diasumsikan pelat pracetak diangkat setelah berumur 3 hari. Tegangan ditahan oleh b yang merupakan nilai terkecil dari $a/2$, $b/2$ atau $15t$.

$$b/2 = 5,6/2 = 0,963$$

$$a/2 = 1,925/2 = 2,8$$

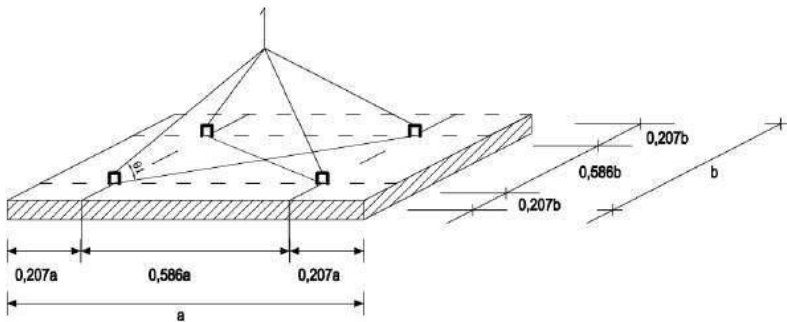
$$15t = 0,07 = 1,05$$

Digunakan nilai $b = 0,9625$

$$S = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 962,5 \cdot 70^2 = 786042 \text{ mm}^3$$

$$P = \frac{a \times b \times t_p \times \gamma_{\text{beton}}}{n}$$

$$P = \frac{1,925 \times 5,6 \times 0,07 \times 2400}{4} = 452,8 \text{ Kg} = 4528 \text{ N}$$



Gambar 4. 5. Skema Pengangkatan Pelat Lantai

$$\theta_1 = 60^\circ$$

$$P_1 = P \sin \theta_1 = 4528 \sin 60^\circ = 3921,017 \text{ N}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_y \cdot c}{I} + \frac{P_1}{b \times t_p}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{783360,8244 \times 12,46}{2858333,33} + \frac{3921,017}{962,5 \times 70} = 0,4$$

$$\text{Syarat} = \sigma_{\max} \leq f_r \rightarrow 0,4 \text{ MPa} \leq 2,738 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

Dimensi Angkur Pengangkatan

Setiap angkur (hook) menerima beban sebesar $P = 392,1$ kg. Maka dibutuhkan \emptyset angkur :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P_1}{\pi \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 102}{\pi \cdot 400}} = 1,12 \text{ cm} \approx 1,3 \text{ cm} = 13 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan angkur D13 mm.

Kontrol Lendutan

- Momen akibat beban mati
 $M_{DL} = 78,34 \text{ Kgm}$
- Momen tak terfaktor maksimum yang terjadi pada elemen struktur pada saat lendutan dihitung :
 $M_a = M_{DL} = 783360,8244 \text{ Nmm}$
- Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan :

$$I_g = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 70^3 = 28583333,33 \text{ mm}^4$$

- Momen batas retak :

$$I = (0,1 + 25p) \left(1,2 - 0,2 \frac{b_w}{d} \right) I_g = 8881250$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,738 \times 8881250}{12,457} = 1951976,19 \text{ Nmm}$$

- Momen inersia retak penampang dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampangbeton. Dicari nilai X terlebih dahulu :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{20754,6} = 9,6364$$

$$\frac{b \cdot x^2}{2} - n \cdot A_s (d-x) = 0$$

$$\frac{1000x^2}{2} - 9,64 \times 663,7 (35-x) = 0$$

$$500 x^2 + 6395,307x - 195057 = 0$$

Maka nilai x adalah :

$$x_1 = 12,544$$

$$x_2 = -19,551$$

Dipakai $x = 12,544$

$$I_{cr} = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A_s (d-x)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1000 \cdot 12,544^3}{3} + 9,6364 \cdot 663,7 (31-12,544)^2$$

$$I_{cr} = 2719902,698 \text{ mm}^4$$

- Momen Inersia Efektif

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{3773436}{1343631} \right)^3 \cdot 28583333 + \left[1 - \left(\frac{3773436}{1343631} \right)^3 \right] \cdot 24450970,4$$

$$I_e = 402871108,98 \text{ mm}^4$$

Syarat : Nilai $I_e \leq I_g \rightarrow 402871109 \leq 28583333$ (Not OK)

Maka, digunakan nilai $I_e = I_g = 28583333 \text{ mm}^4$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c} = 4700 \cdot \sqrt{13,8} = 20754,64 \text{ MPa}$$

$$(\Delta_i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \cdot E_c I_e}$$

$$(\Delta_i)_{DL} = \frac{5 \cdot 2,52 \cdot 1925^4}{384 \cdot 20754,6 \cdot 28583333} = 0,76 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 batasan lendutan untuk plat lantai adalah $1/240$.

$$\frac{L}{240} = \frac{1925}{240} = 8,021 \text{ mm}$$

Cek syarat : $(\Delta_i)_{DL} \leq L/240 \rightarrow 0,76 \text{ mm} \leq 8,02 \text{ mm}$ (OK)

Kapasitas Crane

Dengan berat pelat pracetak lantai sebesar 1.925m x 5,6 m x 0,07 x 2400 = 1811,04 kg = 2 ton. Oleh karena itu digunakan Tower Crane XCMG dengan kapasitas angkat 10 ton yang diproduksi oleh XGTL180.

4.4.1.5 Perencanaan Pelat Kondisi Sebelum Komposit

Data perencanaan penulangan pelat :

Dimensi pelat = 5600 mm x 1925 mm²

Tebal pelat pracetak = 70 mm

Tebal overtopping = 50 mm

Tebal decking = 20 mm

Diameter tulangan rencana = 13 mm

dy (h-deckhing-Ø-1/2Ø) = 31 mm

Perhitungan Tulangan Utama :

$$M_u = (1/10 \cdot q_u \cdot (L/2)^2$$

$$M_u = 135,07 \text{ Kgm}$$

$$M_u = 1350703,95 \text{ Nmm}$$

Pada perencanaan awal, Ø diasumsikan 0,9

Nilai $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c - 28}{7} \geq 0,65 = 0,84$ (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times x^2} = \frac{1350703,947}{0,9 \times 1000 \times 45^2} = 1,61 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 35} = 18,82 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 0,69}{400}} \right) = 0,00417 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{400} = 0,0034$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Maka, ρ_{\min} yang dipakai adalah = 0,0035

ρ_{\max} = Nilai ratio tulangan maksimum dihitung berdasarkan syarat bahwa regangan Tarik netto minimum yang boleh terjadi adalah sebesar 0,004 untuk memastikan terjadinya keruntuhan struktur yang bersifat daktail

$$\epsilon_u = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left(\frac{0,85 x f_{cx} \beta_1}{\rho x f_y} - 1 \right)$$

$$0,004 = 0,003 \times \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{\rho \times 400} - 1 \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,0228$$

Kontrol : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,00417 < 0,0228 \text{ (OK)}$$

Tulangan Utama

$$A_s = \rho \text{ pakai} \times b \times dx = 0,00417 \times 1000 \times 31 = 127,174 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D13 mm ($A_s \text{ D13} = 132,7 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{A_s} = \frac{1000 \times 132,732}{127,174} = 1043,707 \text{ mm}$$

Syarat : $S \leq 3 \text{ (h)}$ atau 450 mm ... (SNI 2847-2013 pasal 10.5.4)

$$S \leq 3 \text{ (7)} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$S \leq 210 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, dipakai $S = 200 \text{ mm}^2$

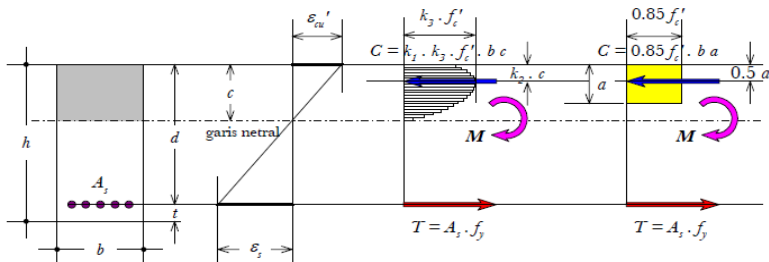
$$A_s \text{ pakai} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{S} = \frac{1000 \times 132,732}{200} = 663,7 \text{ mm}^2$$

Syarat = $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$= 663,661 \text{ mm}^2 > 127,2 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Faktor Reduksi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.3



Gambar Diagram Tegangan Pelat Arah X Sebelum Komposit

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{663,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 10,41 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,41}{0,836} = 12,46 \text{ mm}$$

- Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right)$$

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{45}{8,696} - 1 \right) = 0,0075 \rightarrow \phi = 0,9$$

Dipakai $\phi = 0,9$ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2)

$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (d - 1/2a)$

$\phi M_n = 0,9 \times 663,7 \times 400 \times (45 - 1/2 \times 5,28)$

$\phi M_n = 6043389 \text{ Nmm} \rightarrow 6,043 \text{ KNm}$

Kontrol = $\phi M_n > M_u$

= $6,043 \text{ KNm} > 1,351 \text{ KNm}$ (Memenuhi)

Jadi, tulangan yang digunakan adalah D13-200.

Perhitungan Tulangan Susut

$F_y = 400 \text{ MPa} \rightarrow \rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_{sh} = \rho \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 70 = 140 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D10 mm ($A_s \text{ D10} = 78,54 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_s \text{ D10}}{A_{sh}} = \frac{1000 \times 78,54}{140} = 560,9987 \text{ mm}$$

Syarat : $S \leq 5$ (h) atau 450 mm ... (SNI 2847-2013 pasal 10.5.4)

$$S \leq 5$$
 (70) atau 450 mm

$$S \leq 350 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, dipakai $S = 350 \text{ mm}^2$

$$\text{As pakai} = \frac{1000 \times \text{As D10}}{S} = \frac{1000 \times 78,54}{350} = 224,4 \text{ mm}^2$$

Syarat = As pakai > As perlu

$$= 224,4 \text{ mm}^2 > 140 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1 V_u pada jarak dari tumpuan adalah sebesar :

$$V_u = q_u \left(\frac{l_y}{2} - \frac{d_y}{1000} \right)$$

$$V_u = 807,2 \left(\frac{5,6}{2} - \frac{35}{1000} \right) \times 10^{-2} = 3,534 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d_y)$$

$$\phi V_c = 0,75 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 35) \times 10^{-3}$$

$$\phi V_c = 21,3 \text{ KN}$$

$$\text{Syarat : } 1/2 \phi V_c \geq V_u \rightarrow 10,65 \geq 3,534 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Retak

Diasumsikan pelat beton berumur 3 hari :

$$F'_c = 0,61 \times f_c = 0,61 \times 30 = 18,3 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f_c} \rightarrow \lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{18,3} = 2,652 \text{ MPa}$$

Direncanakan pengecoran overtopping setelah berumur 3 hari :

$$F_r = 2,652 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 1000 \times 70^3 = 28583333,33 \text{ mm}^4$$

Momen layan yang bekerja adalah :

$$M = 1/10 \cdot q_{DL} \cdot (L_y/2)^2$$

$$M = 1/10 \cdot (348+100) \cdot (1,87/2)^2 = 507670,63 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \leq f_r$$

$$\sigma = \frac{507671 \cdot 12,46}{28583333} \leq 2,652 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 0,221 \text{ MPa} \leq 2,652 \text{ MPa (Memenuhi)}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,652 \times 28583333,3}{12,5} = 6085854,054 \text{ Nmm}$$

$$\text{Syarat : } M_{cr} \geq M_y \rightarrow 6085854,05 \text{ Nmm} \geq 507671 \text{ Nmm (OK)}$$

Kontrol Lendutan

- Momen tak terfaktor maksimum yang terjadi pada elemen struktur pada saat lendutan dihitung :

$$M_a = 1/10 \cdot qDL \cdot (Ly/2)^2$$

$$M_a = 1/10 \cdot 348 \cdot (1,87/2)^2 = 32,24 \text{ kgm} = 322389 \text{ Nmm}$$

- Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan :

$$I_g = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 70^3 = 28583333,33 \text{ mm}^4$$

- Momen batas retak :

$$I = (o,1 + 25p) \left(1,2 - 0,2 \frac{b_w}{d} \right) I_g = 9674211$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,652 \times 9674211}{12,457} = 2059795,98 \text{ Nmm}$$

- Momen inersia retak penampang dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampangbeton. Dicari nilai X terlebih dahulu :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{20105,9} = 9,9473$$

$$\frac{b \cdot x^2}{2} - n \cdot A_s (d-x) = 0$$

$$\frac{1000x^2}{2} - 9,95 \times 663,7 (35-x) = 0$$

$$500 x^2 + 6601,66x - 201350,6 = 0$$

Maka nilai x adalah :

$$x_1 = 13,41$$

$$x_2 = -21,74$$

Dipakai $x = 13,41$

$$I_{cr} = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A_s (d-x)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1000 \cdot 16,70^3}{3} + 10,605 \cdot 392,7 (35-13,41)^2$$

$$I_{cr} = 2731966,032 \text{ mm}^4$$

- Momen Inersia Efektif

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{3455266}{304230,3} \right)^3 \cdot 28583333 + \left[1 - \left(\frac{3455266}{304230,3} \right)^3 \right] \cdot 5499023$$

$$I_e = 6745123654,67 \text{ mm}^4$$

Syarat : Nilai $I_e \leq I_g \rightarrow 6745123654,67 \leq 28583333$ (Not OK)

Maka, digunakan nilai $I_e = I_g = 28583333 \text{ mm}^4$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c} = 4700 \cdot \sqrt{16,1} = 20105,89 \text{ MPa}$$

$$(\Delta_i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \cdot E_c I_e}$$

$$(\Delta_i)_{DL} = \frac{5 \cdot 5,48 \cdot 1925^4}{384 \cdot 20105,9 \cdot 28583333} = 1,705 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 batasan lendutan untuk plat lantai adalah $1/240$.

$$\frac{L}{240} = \frac{1925}{240} = 8,021 \text{ mm}$$

Cek syarat : $(\Delta_i)_{DL} \leq L/240 \rightarrow 1,705 \text{ mm} \leq 8,021 \text{ mm}$ (OK)

Momen Tumpuan Yang Berada diatas perancah

$$M_{tump} = (1/8 \cdot q_u \cdot (Lx/2)^2$$

$$M_{tump} = 0,125 \cdot 807,2 \cdot (4,3/2)^2 = 93,5 \text{ kgm}$$

$$M_{tump} = 934743,91 \text{ Nmm}$$

Pada perencanaan awal, ϕ diasumsikan 0,9

Nilai $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c - 28}{7} \geq 0,65 = 0,84$ (SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d x^2} = \frac{934743,9063}{0,9 \times 1000 \times 45^2} = 0,55 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,69}{400}} \right) = 0,001387 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{25}}{400} = 0,0034$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Maka, $\rho \text{ min}$ yang dipakai adalah = 0,0035

$\rho \text{ max}$ = Nilai ratio tulangan maksimum dihitung berdasarkan syarat bahwa regangan Tarik netto minimum yang boleh terjadi adalah sebesar 0,004 untuk memastikan terjadinya keruntuhan struktur yang bersifat daktail

$$\epsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left(\frac{0,85 x f_c x \beta_1}{\rho x f_y} - 1 \right)$$

$$0,004 = 0,003 \times \left(\frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{\rho \times 400} - 1 \right)$$

$$\rho \text{ max} = 0,0228$$

Kontrol : $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$
 $0,0035 < 0,001387 < 0,0228$ (Not OK)

Tulangan Utama

$$A_s = \rho \text{ pakai} \times b \times dx = 0,0035 \times 1000 \times 44 = 152,25 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D13 mm ($A_s \text{ D13} = 132,7 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{A_s} = \frac{1000 \times 132,732}{152,25} = 871,8049 \text{ mm}$$

Syarat : $S \leq 3 \text{ (h) atau } 450 \text{ mm} \dots (\text{SNI 2847-2013 pasal 10.5.4})$

$$S \leq 3 \text{ (7) atau } 450 \text{ mm}$$

$$S \leq 210 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, dipakai $S = 200 \text{ mm}^2$

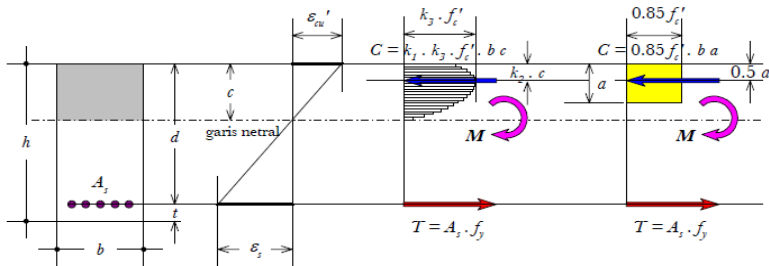
$$A_s \text{ pakai} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{S} = \frac{1000 \times 132,732}{200} = 663,7 \text{ mm}^2$$

Syarat = $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$= 663,7 \text{ mm}^2 > 152,3 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Faktor Reduksi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.3



Gambar Diagram Tegangan Pelat Arah X Sebelum Komposit

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{663,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 10,41 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,41}{0,836} = 12,46 \text{ mm}$$

- Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right)$$

$$\varepsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{45}{8,696} - 1 \right) = 0,004 \rightarrow \emptyset = 0,9$$

Dipakai $\emptyset = 0,9$ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2)

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times (d_x - 1/2a)$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 663,7 \times 400 \times (45 - 1/2 \times 5,28)$$

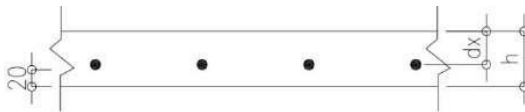
$$\emptyset M_n = 6043389 \text{ Nmm} \rightarrow 6,043 \text{ KNm}$$

$$\text{Kontrol} = \emptyset M_n > M_u$$

$$= 6,043 \text{ KNm} > 0,935 \text{ KNm (Memenuhi)}$$

Jadi, tulangan yang digunakan adalah D13-200.

4.4.1.6 Penulangan Pela Kondisi Setelah Komposit



Gambar Sketsa Penulangan Pelat Arah X Saat Pengangkatan

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$dx = h - \text{decking} - 1/2 \emptyset$$

$$= 120 - 20 - 7 = 94 \text{ mm}$$

Pada perencanaan awal, \emptyset diasumsikan 0,9

$$\text{Nilai } \beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_{c-28}}{7} \geq 0,65 = 0,834 \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$M_u = 1/8 \cdot q_u \cdot L_x^2$$

$$M_u = 0,125 \cdot 901,5 \cdot (1,925)^2 = 417,597 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times dx^2} = \frac{4175970,717}{0,9 \times 1000 \times 95^2} = 0,53 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69 \text{ MPa}$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,53}{400}} \right) = 0,001341$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,0034$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Maka, ρ_{\min} yang dipakai adalah = 0,0035

ρ_{\max} = Nilai ratio tulangan maksimum dihitung berdasarkan syarat bahwa regangan Tarik netto minimum yang boleh terjadi adalah sebesar 0,004 untuk memastikan terjadinya keruntuhan struktur yang bersifat daktail

$$\epsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,003 \times \left(\frac{0,85 x f_c x \beta_1}{\rho x f_y} - 1 \right)$$

$$0,004 = 0,003 \times \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{\rho \times 400} - 1 \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,0228$$

Kontrol : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

$$0,0035 < 0,001341 < 0,0228 \text{ (Not OK)}$$

$$A_s = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d_x = 0,0035 \times 1000 \times 94 = 327,25 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D13 mm ($A_s \text{ D13} = 132,7 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{A_s} = \frac{1000 \times 132,732}{327,250} = 405,5991 \text{ mm}$$

Syarat : $S \leq 3$ (h) atau 450 mm ... (SNI 2847-2013 pasal 10.5.4)

$$S \leq 3 \text{ (120) atau 450 mm}$$

$$S \leq 360 \text{ atau 450 mm}$$

Dipilih yang terkecil, dipakai $S = 200 \text{ mm}^2$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1000 \times A_s \text{ D13}}{S} = \frac{1000 \times 132,732}{200} = 663,7 \text{ mm}^2$$

Syarat = $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$

$$= 663,7 > 327,3 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi, dipakai tulangan susut D13-200 mm.

Kontrol Kapasitas Penampang

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{663,7 \times 400}{0,85 \times 30 \times 1000} = 10,41 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{10,41}{0,836} = 12,46 \text{ mm}$$

$$\epsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right)$$

$$\epsilon_T = 0,003 \times \left(\frac{45}{8,696} - 1 \right) = 0,02 \rightarrow \phi = 0,9$$

Dipakai $\phi = 0,9$ (SNI 2847:2013 Pasal 9.3.2.2)

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (dx - 1/2a)$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 663,7 \times 400 \times (95 - 1/2 \times 7,392)$$

$$\phi M_n = 21095230,65 \text{ Nmm} \rightarrow 21,1 \text{ KNm}$$

$$\text{Kontrol} = \phi M_n > M_u$$

$$= 21,10 \text{ KNm} > 4,176 \text{ KNm (Memenuhi)}$$

Jadi, tulangan yang digunakan adalah $\phi 13$ -200 mm.

Perhitungan Tulangan Susut

$$f_y = 400 \text{ MPa} \rightarrow \rho_{\min} = 0,0018$$

$$A_{sh} = \rho \cdot b \cdot h = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 120 = 216 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan } \phi 8 \text{ mm (As } \phi 10 = 78,54 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000 \times A_s \phi 10}{A_{sh}} = \frac{1000 \times 78,54}{216} = 363,6103 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat : } S \leq 3 \text{ (h) atau } 450 \text{ mm} \quad \dots (\text{SNI 2847-2013 pasal 10.5.4})$$

$$S \leq 3 \text{ (120) atau } 450 \text{ mm}$$

$$S \leq 360 \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$\text{Dipilih yang terkecil, dipakai } S = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = \frac{1000 \times A_s \phi 10}{S} = \frac{1000 \times 78,54}{300} = 261,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat} = A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$= 261,8 \text{ mm}^2 > 216 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi, dipakai tulangan susut $\phi 10$ -300 mm.

Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1 V_u pada jarak dari tumpuan adalah sebesar :

$$V_u = q_u \left(\frac{l_x/2}{2} - \frac{d_x}{1000} \right)$$

$$V_u = 1378,2 \left(\frac{1,87/2}{2} - \frac{95}{1000} \right) \times 10^{-2} = 11,78 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d)$$

$$\phi V_c = 0,75 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 95) \times 10^{-3}$$

$$\phi V_c = 65,3 \text{ KN}$$

$$\text{Syarat : } 1/2 \phi V_c \geq V_u \rightarrow 32,7 \text{ KN} \geq 11,78 \text{ KN (Memenuhi)}$$

Kontrol Retak

Diasumsikan pelat beton berumur 7 hari :

$$F'c = 0,7 \times f_c = 0,7 \times 30 = 21 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f_c} \rightarrow \lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 \cdot 1 \cdot \sqrt{(17,5)} = 2,841 \text{ MPa}$$

Direncanakan pengecoran overtopping setelah berumur 7 hari :

$$F_r = 2,841 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 1000 \times 120^3 = 144000000 \text{ mm}^4$$

Momen layan yang bekerja adalah :

$$M = 1/8 \cdot qDL \cdot (Lx)^2$$

$$M = 1/8 \cdot (437+479) \cdot (1,87)^2 = 19334381 \text{ Nmm}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \leq f_r$$

$$\sigma = \frac{19334381 \cdot 12,46}{144000000} \leq 2,841 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 1,673 \text{ MPa} \leq 2,841 \text{ MPa (Memenuhi)}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,841 \times 144000000}{12,5} = 32843940,28 \text{ Nmm}$$

$$\text{Syarat : } M_{cr} \geq M_y \rightarrow 32843940,3 \text{ Nmm} \geq 19334381 \text{ Nmm (OK)}$$

Kontrol Lendutan

- Momen akibat beban mati

$$MDL = 1/8 \cdot quDL \cdot (Lx)^2$$

$$MDL = 1/8 \cdot 437 \cdot (1,87)^2$$

$$MDL = 16641576 \text{ Nmm}$$

- Momen akibat beban hidup

$$MLL = 1/8 \cdot quLL \cdot (Lx)^2$$

$$MLL = 1/8 \cdot 479 \cdot (1,87)^2$$

$$MLL = 7526400 \text{ Nmm}$$

- Momen tak terfaktor maksimum yang terjadi pada elemen struktur pada saat lendutan dihitung :

$$Ma = MDL + MLL$$

$$Ma = 16641576 + 7526400 = 24167976 \text{ Nmm}$$

- Momen inersia bruto terhadap sumbu berat penampang tanpa memperhitungkan :

$$I_g = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 120^3 = 144000000 \text{ mm}^4$$

- Momen batas retak :

$$I = (0,1 + 25p) \left(1,2 - 0,2 \frac{b_w}{d} \right) I_g = 36000000 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{2,841 \times 36000000}{12,457} = 8210985,07 \text{ Nmm}$$

- Momen inersia retak penampang dengan tulangan baja yang ditransformasikan ke penampangbeton. Dicari nilai X terlebih dahulu :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{21538,1} = 9,2859$$

$$\frac{b \cdot x^2}{2} - n \cdot A_s (d-x) = 0$$

$$\frac{1000x^2}{2} - 9,29 \times 663,7 (95-x) = 0$$

$$500 x^2 + 6162,67x - 576209,9 = 0$$

Maka nilai x adalah :

$$x1 = 23,84$$

$$x2 = -31,93$$

Dipakai $x = 23,84$

$$I_{cr} = \frac{b \cdot x^3}{3} + n \cdot A_s (d-x)^2$$

$$I_{cr} = \frac{1000 \cdot 23,84^3}{3} + 10,172 \cdot 392,7 (95-23,84)^2$$

$$I_{cr} = 34420046,47 \text{ mm}^4$$

- Momen Inersia Efektif

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{2147201}{304230,3} \right)^3 \cdot 28583333 + \left[1 - \left(\frac{2147201}{304230,3} \right)^3 \right] \cdot 5499023$$

$$I_e = 38717350,26 \text{ mm}^4$$

Syarat : Nilai $I_e \leq I_g \rightarrow 38717350,26 \leq 144000000$ (Not OK)

Maka, digunakan nilai $I_e = I_g = 144000000 \text{ mm}^4$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c} = 4700 \cdot \sqrt{17,5} = 21538,11 \text{ MPa}$$

$$(\Delta_i)DL = \frac{5ql^4}{384 \cdot E_c I_e}$$

$$(\Delta_i)DL = \frac{5 \cdot 6,165 \cdot 5600^4}{384 \cdot 21538,11 \cdot 144000000} = 25,46 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 batasan lendutan untuk plat lantai adalah 1/240.

$$\frac{L}{240} = \frac{5600}{240} = 23,33 \text{ mm}$$

Cek syarat : $(\Delta_i)DL \leq L/240 \rightarrow 25,46 \text{ mm} \leq 23,33 \text{ mm}$ (OK)

Perencanaan Shear Connector

Untuk pelat pracetak yang diberi topping cor di atasnya, berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.11.4, slab dengan lapisan atas komposit yang dicor di tempat di atas lantai atau atap pracetak diijinkan untuk digunakan sebagai diafragma struktur, asalkan slab lapisan atas ditulangi dan permukaan beton yang sebelumnya

mengeras dimana slab lapisan atas dicor telah bersih, bebas dari kapur permukaan (laitance), dan dikasarkan dengan sengaja.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.11.6, slab beton & slab dengan lapisan atas komposit yang bekerja sebagai diafragma struktur yang digunakan untuk menyalurkan gaya-gaya gempa tidak boleh kurang dari tebal 50 mm.

Kuat geser nominal, V_n Diafragma structural tidak boleh melampaui :

$$V_n = A_{cv} (0,17\lambda\sqrt{f'_c} + \rho_t \cdot f_y)$$

Untuk diafragma slab lapisan atas cor di tempat di atas komponen struktur lantai atau atap pracetak A_{cv} harus dihitung menggunakan tebal slab lapisan atas hanya untuk diafragma slab lapisan atas bukan komposit. Untuk diafragma slab lapisan atas komposit, nilai f'_c yang digunakan untuk menentukan V_n harus tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari f'_c untuk komponen struktur pracetak & f'_c untuk slab lapisan atas. V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi 2 persamaan dibawah :

$$V_n = \frac{2}{3} \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$$

Dimana A_{vf} dihitung berdasarkan luas total tulangan geser friksi tebal penutup (topping), termasuk luas tulangan distribusi dan luas tulangan boundary, dalam arah tegak lurus penampang join. Koefisien friksi, $\mu = 1,0\lambda$, dimana λ adalah 1,0 untuk beton normal, dimana A_{cv} adalah luas penampang bruto diafragma.

$$A_{cv} = b \times t_p$$

$$A_{cv} = 1000 \times 50 = 50000 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan pasal 11.9.9.2 SNI 2847-2013, ρ_t diambil 0,0025

$$V_n = A_{cv} (0,17\lambda\sqrt{f'_c} + \rho_t \cdot f_y)$$

$$V_n = 50000 (0,17\lambda\sqrt{25} + 0,0025 \cdot 400)$$

$$V_n = 96556 \text{ N} = 96,56 \text{ KN}$$

Nilai V_n hasil di atas tidak boleh melebihi :

$$V_n = \frac{2}{3} \cdot A_{cv} \cdot (f'_c)^2$$

$$V_n = \frac{2}{3} \cdot 50000 \cdot (25)^2 = 182574,2 \text{ N} = 182,57 \text{ KN}$$

$$V_n = A_v f \cdot f_y \cdot q$$

$$V_n = 0.25 \cdot \Pi \cdot (13)^2 \times 400 \times 1 = 53093 \text{ N} = 53,09 \text{ KN}$$

Maka dipakai nilai $V_n = 96,56 \text{ KN}$

Mencari nilai V_u ,

$$V_u = \frac{V_n}{\phi} = \frac{96,56}{0,75} = 128,7 \text{ KN}$$

Mencari nilai ϕV_c ,

$\phi V_c = 65,3 \text{ KN}$ (Didapat dari perhitungan geser pelat setelah komposit)

Berdasarkan pasal 11.4.6.1 SNI 2847-2013 apabila $V_u > \phi V_c$, maka dapat digunakan luas tulangan geser minimum, $A_v \text{ min}$.

Digunakan $A_v \text{ min}$ dengan jarak :

$$S < 4 \times \text{Dimensi terkecil atau } 600 \text{ mm}$$

$$S < 4 \times 70 \text{ mm atau } 600 \text{ mm}$$

$$S < 280 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

Digunakan jarak $S = 200 \text{ mm}$.

Mencari nilai $A_v \text{ min}$,

$$A_v \text{ min} = 0,062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} = 0,062 \cdot \sqrt{25} \cdot \frac{1000 \cdot 200}{400} = 155 \text{ mm}^2$$

Tetapi tidak boleh kurang dari,

$$A_v \text{ min} > \frac{0,35 \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}} = \frac{0,35 \cdot 1000 \cdot 200}{400} = 175 \text{ mm}$$

Kontrol : $A_v > A_v \text{ min} \rightarrow 393 \text{ mm}^2 > 175 \text{ mm}$ (OK)

Maka dipasang shear connector D13-200 mm.

4.4.1.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

Penumpukan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$f_{ci} (3 \text{ hari}) = 0,46 \times 35 \text{ Mpa} = 16 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \times \sqrt{16} = 2,8 \text{ Mpa} = 28 \text{ kg/cm}^2$$

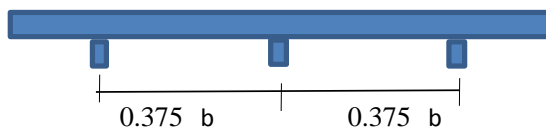
Pada saat penumpukan ditambahkan koefisien beban = 1,2 sehingga berat sendiri pelat

$$Q_d = 1,2 (0,08 \times 1,2 \times 2400) = 276,5 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 200 \text{ kg} = 320 \text{ kg}$$

$$W = \frac{1}{6} \times a \times t^2 \\ = \frac{1}{6} \times 120 \times 8^2 = 1280 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,375 b = 0,375 \times 3,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$$



$$M. lap = \left(\frac{1}{10} \times Q_d \times L^2 \right) + (0,25 \times P_u \times L) \\ = \left(\frac{1}{10} \times 276,5 \times 1,2^2 \right) + (0,25 \times 320 \times 1,2) = 135,8 \text{ kgm}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M. lap = 135,8 \times 1,5 = 203,7 \text{ kgm} = 20371,96 \text{ kgcm}$$

$$M. tump = \left(\frac{1}{8} \times Q_d \times L^2 \right) \\ = \left(\frac{1}{8} \times 276,5 \times 1,2^2 \right) = 22,12 \text{ kgm}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M. tump = 22,12 \times 1,5 = 33,18 \text{ kgm} = 3317,76 \text{ kgcm}$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M. lap}{W} = \frac{20371,96}{1280} = 16 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\sigma_y = \frac{M. tump}{W} = \frac{9852,42}{1280} = 3 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

- Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan penyangga dari balok kayu 5/10

$$\text{Luas bidang kontak, } A = 0,05 \times 3 \text{ balok kayu} = 0,15 \text{ m}^2 \\ = 150000 \text{ mm}^2$$

$$P = 1,2 (0,08 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,2 \text{ m} \times 3,2 \text{ m}) + 1,6 (200 \text{ kg}) \\ = 1204,7 \text{ kg} = 12047 \text{ N}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{12047}{150000} = 0,08 \text{ Mpa}$$

$$\text{Jumlah penumpukan} = \frac{fr}{f \times SF} = \frac{2,8}{0,08 \times 3} = 10 \text{ tumpukan}$$

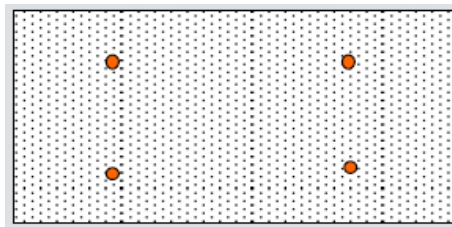
4.4.1.8 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Pengangkatan pelat pracetak dilakukan dengan 4 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$f_{ci} (3 \text{ hari}) = 0,46 \times 35 \text{ Mpa} = 16 \text{ Mpa}$$

$$fr = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \times \sqrt{16} = 2,8 \text{ Mpa} = 28 \text{ kg/cm}^2$$

Pada saat pengangkatan ditambahkan koefisien beban = 1,2 sehingga berat sendiri pelat = $1,2 (0,08 \times 2400) = 230,4 \text{ kg/m}^2$



$$a = 1.2 \text{ m}$$

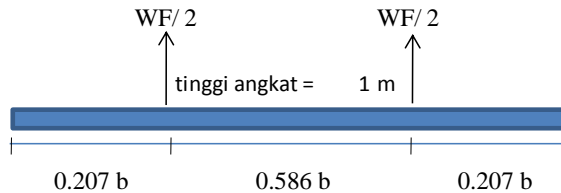
$$b = 3.2 \text{ m}$$

- Tegangan arah Y (panjang)

$$M_y = 0,0107 \times w \times b^2 \times a$$

$$M_y = 0,0107 \times 230,4 \times 3,2^2 \times 1,2 = 30,29 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



$$Y_c = 0,5 \times \text{tebal pelat} = 0,04 \text{ m}$$

$$M_y' = \frac{P \times y_c}{\tan \phi} = \frac{(w \times a \times b) \times y_c}{\tan \phi} = \frac{(230,4 \times 3,2 \times 1,2) \times 0,04}{\tan 45}$$

$$= 35,389 \text{ kgm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_y \text{ total} = 1,5 (M_y + M_y')$$

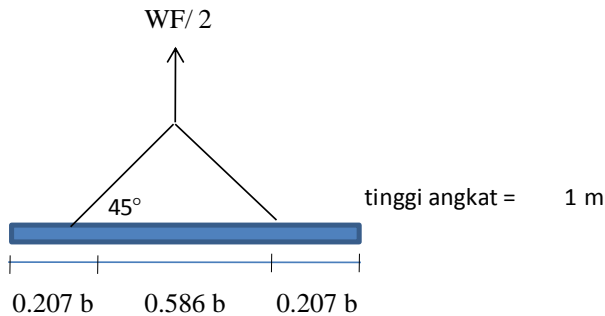
$$= 1,5 (30,29 + 35,39) = 98,52 \text{ kgm} = 9852,42 \text{ kgcm}$$

- Tegangan arah X (pendek)

$$M_x = 0,0107 \times w \times a^2 \times b$$

$$M_x = 0,0107 \times 230,4 \times 1,2^2 \times 3,2 = 11,36 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



$$Y_c = 0,5 \times \text{tebal pelat} = 0,04 \text{ m}$$

$$Mx' = \frac{P \times yc}{\tan \phi} = \frac{(w \times a \times b) \times yc}{\tan \phi} = \frac{(230,4 \times 3,2 \times 1,2) \times 0,04}{\tan 45} = 35,389 \text{ kgm}$$

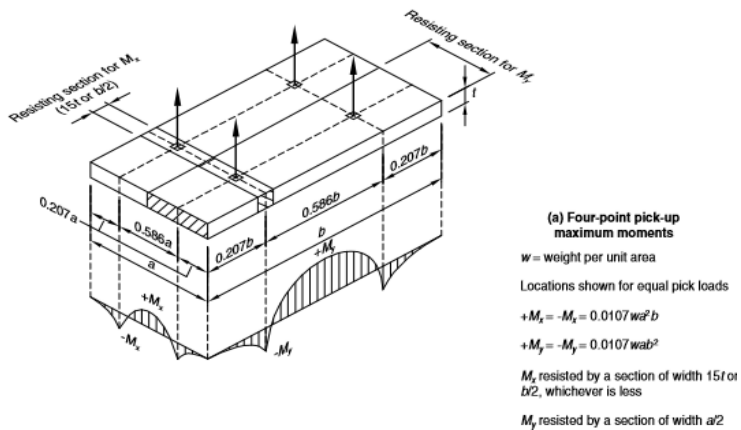
Faktor kejut = 1,5

$$Mx \text{ total} = 1,5 (Mx + Mx')$$

$$= 1,5 (11,36 + 35,39) = 70,12 \text{ kgm} = 7012,42$$

kgcm

- Menghitung momen tahanan



Sesuai *PCI Design Handbook 7th Precast and Prestressed Concrete*,

- M_x ditahan oleh penampang selebar $15t = 120$ cm atau $b/2 = 160$ cm, maka ambil terkecil = 120 cm

$$Wx = \frac{1}{6} \times 15t \times t^2 = \frac{1}{6} \times 120 \times 8^2 = 1280 \text{ cm}^3$$

- M_y ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 60$ cm

$$Wy = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2 = \frac{1}{6} \times 60 \times 8^2 = 640 \text{ cm}^3$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_{x.total}}{W_x} = \frac{7012,42}{1280} = 5,478 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

$$\sigma_y = \frac{M_{y.total}}{W_y} = \frac{9852,42}{640} = 15,39 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

4.4.1.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 28 hari

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \times \sqrt{35} = 4,14 \text{ Mpa} = 41,4 \text{ kg/cm}^2$$

Pada saat pemasangan ditambahkan koefisien beban = 1,2 sehingga berat sendiri pelat

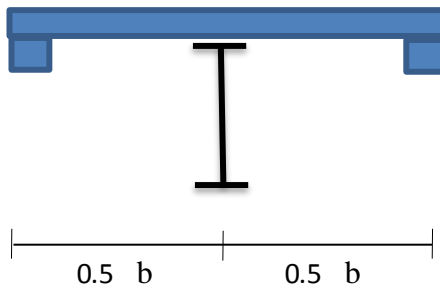
$$Q_d = 1,2 (0,08 \times 1,2 \times 2400) = 276,5 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 200 \text{ kg} = 320 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 \times a \times t^2$$

$$= 1/6 \times 120 \times 8^2 = 1280 \text{ cm}^3$$

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 3,2 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$



Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen :

$$\begin{aligned}
 M. lap &= \left(\frac{1}{10} \times Qd \times L^2 \right) + (0,25 \times Pu \times L) \\
 &= \left(\frac{1}{10} \times 276,5 \times 1,6^2 \right) + (0,25 \times 320 \times 1,6) = 198,8 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M. lap = 198,8 \times 1,5 = 298,2 \text{ kgm} = 29816,83 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned}
 M. tump &= \left(\frac{1}{8} \times Qd \times L^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 276,5 \times 1,6^2 \right) = 88,47 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M. tump = 88,47 \times 1,5 = 132,7 \text{ kgm} = 13271,04 \text{ kgcm}$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M. lap}{W} = \frac{29816,83}{1280} = 23,29 \text{ kg/cm}^2 < fr = 28 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\sigma_y = \frac{M. tump}{W} = \frac{13271,04}{1280} = 10,37 \text{ kg/cm}^2 < fr = 28 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

4.4.1.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran

Pengecoran pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 0,70 \times 35 \text{ Mpa} = 25 \text{ Mpa}$$

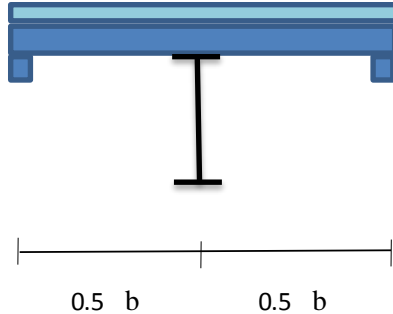
$$fr = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \times \sqrt{25} = 3,5 \text{ Mpa} = 35 \text{ kg/cm}^2$$

Pada saat pemasangan ditambahkan koefisien beban = 1,2 sehingga berat sendiri pelat

$$Qd = 1,2 (0,13 \times 1,2 \times 2400) = 1198 \text{ kg/m}$$

$$Pu = 1,6 \times 200 \text{ kg} = 320 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 W &= 1/6 \times a \times t^2 \\
 &= 1/6 \times 120 \times 13^2 = 9013 \text{ cm}^3 \\
 L &= 0,5 \text{ b} = 0,5 \times 3,2\text{m} = 1,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M. lap &= \left(\frac{1}{10} \times Qd \times L^2 \right) + (0,25 \times Pu \times L) \\
 &= \left(\frac{1}{10} \times 1988 \times 1,6^2 \right) + (0,25 \times 320 \times 1,6) = 456,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M. lap = 456,5 \times 1,5 = 684,7 \text{ kgm} = 68470,27 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned}
 M. tump &= \left(\frac{1}{8} \times Qd \times L^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 1988 \times 1,6^2 \right) = 383,4 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M. tump = 383,4 \times 1,5 = 575,1 \text{ kgm} = 57507,84 \text{ kgcm}$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M. lap}{W} = \frac{68470,27}{9013} = 7,59 \text{ kg/cm}^2 < fr = 28 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\sigma_y = \frac{M. tump}{W} = \frac{57507,84}{9013} = 6,38 \text{ kg/cm}^2 < fr = 28 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

4.4.1.11 Penulangan Overtopping

- **Penulangan arah X dan Y**

Pada saat melakukan pengecoran *overtopping* pada lantai tersebut digunakan tulangan susut arah memanjang dan melintang pelat. penulangan ini dipasang untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= 0,002 \times b \times d_y \\ &= 0,002 \times 1000 \times 30.5 = 61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan maksimum, } S &\leq 5 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 5 \times 50 \\ &\leq 250 \text{ mm} \\ S &\leq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D10}}}$$

$$= \frac{61 \text{ mm}^2}{78.54} = 0.777 \approx \text{dipasang 2 buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = 1000/2 = 500 \text{ mm} > S_{\text{maks}} = 250 \text{ mm}$$

Maka digunakan S pakai = 250 mm

Sehingga, didapatkan:

$$\text{Jumlah tulangan (n) pakai} = \frac{1000}{250} = 4 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } A_{s \text{ pakai}} &= \text{Jumlah tulangan per meter} \times A_{s \text{ D10}} \\ &= 4 \times 78,54 \\ &= 314 \text{ mm}^2 \\ &= 314 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = 90 \text{ mm}^2 \text{ OK} \end{aligned}$$

Kontrol kebutuhan tulangan, dipakai tulangan D10-250

$$A_{s \text{ pakai}} = \frac{A_{s \text{ D10}} \times b}{S \text{ pakai}} = \frac{78,54 \times 1000}{250} = 314.16 \text{ mm}^2$$

Syarat: $A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ perlu}}$

$$314 \text{ mm}^2 > 61 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-250 mm.

4.4.1.12 Penulangan Stud Pelat Lantai

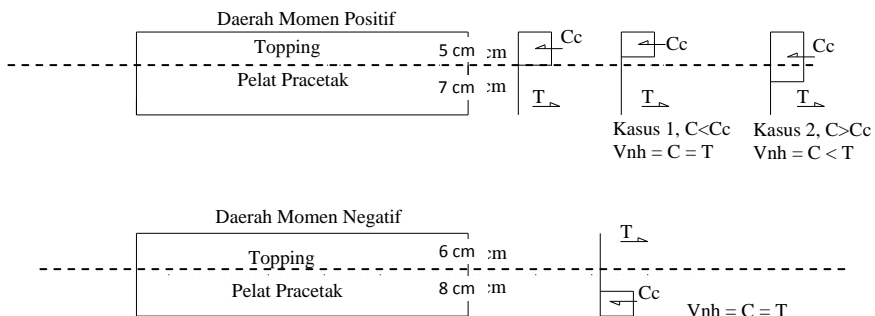
Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan *topping cor* ditempat maka transfer gaya regangan horisontal yang terjadi harus dapat dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh *topping cor* ditempat. Untuk mengikat elemen pracetak dan elemen cor ditempat maka dipakai tulangan *stud*.

Stud ini berfungsi sebagai sengkang pengikat antar elemen sehingga mampu mentransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horisontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen komposit dalam memikul beban.

Dalam SNI disebutkan bahwa gaya geser horisontal bisa diperiksa dengan jalan menghitung perubahan aktual dari gaya tekan dan gaya tarik didalam sembarang segmen dan dengan menentukan bahwa gaya tersebut dipindahkan sebagai gaya geser horisontal elemen – elemen pendukung.

Gaya geser horisontal yang terjadi pada penampang komposit ada dua macam kasus :

- Kasus 1 : gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat
- Kasus 2 : gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan elemen cor setempat



Gambar 4. 6. Diagram gaya geser horizontal penampang komposit

- Perhitungan stud pelat 192.5 cm × 560 cm

$$\begin{aligned}
 Cc &= 0,85 f_c' A_{\text{topping}} \\
 &= 0,85 \times 30 \times 50 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\
 &= 1275000 \text{ N} = 1275 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dipakai stud Ø8 mm

$$\begin{aligned}
 A_s &= 1/4 \times \pi \times 8^2 = 50,2656 \text{ mm}^2 \\
 V_{nh} &= C = T \\
 &= A_s \times f_y \\
 &= 50,2656 \times 320 = 16084.992 \text{ N} = 16,08 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,55A_c &= 0,55 \times b_v \times d_x \\
 &= 0,55 \times 1000 \times 94 \\
 &= 51700 \text{ N} = 51,70 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_{nh} < 0,55b_v.d_x \dots\dots\dots(\text{OK})$$

$$12,06 \text{ kN} < 63,25 \text{ kN} \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 17.5.3.1, Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan 17.6 dan bidang kontakannya bersih dan bebas dari serpihan tapi tidak dikasarkan, maka kuat geser V_{nh} tidak boleh diambil lebih dari $0,55b_v.d$ dalam Newton. Pasal 17.6.1 berbunyi bahwa bilapengikat sengkang dipasang untuk menyalurkan geser horisontal, luas pengikat sengkang tidak boleh kurang luas daripada luas yang diperlukan oleh 11.4.6.3, dan spasi pengikat tidak boleh melebihi empat kali dimensi terkecil elemen yang ditumpu, atau melebihi 600 mm.

$$S_{\text{maks}} = 4 \times 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

maka, $S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.6.3:

$$\begin{aligned}
 AV_{\min} &= 0.062 \sqrt{f'c} \frac{b_w \times s}{f_y} \\
 &= 0.062 \sqrt{30} \frac{1000 \times 200}{320} = 212,242 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_v \leq (0,35b_w.S)/f_y = (0,35 \times 1000 \times 200)/320 = 218,75 \text{ mm}^2$$

$$212,75 \leq 218,75 \text{ (memenuhi)}$$

Dipakai tulangan Ø8 dengan $A_v = 50,2656 \text{ mm}^2$

Maka dipasang stud (*shear connector*) Ø8-200 mm ($A_v = 50,265 \text{ mm}^2$).

4.4.1.13 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Panjang penyaluran didasarkan pada SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1 dan pasal 12.5.2:

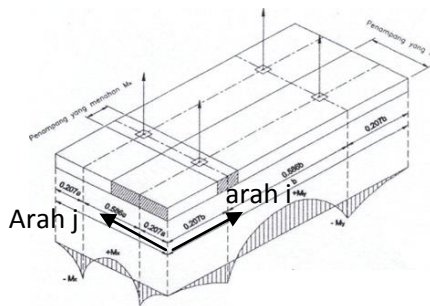
- $\ell_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$ (SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1)
- $\ell_{dh} \geq 150 \text{ mm}$ (SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1)
- $\ell_{dh} = (0,24 f_y \sqrt{f'c}) / d_b$ (SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2)
 $= (0,24 \times 400 \times \sqrt{35}) / 10 = 56,79 \text{ mm}$

Maka dipakai panjang penyaluran terbesar yaitu 150 mm.

4.4.1.14 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe A dengan dimensi 240 cm x 720 cm dengan empat titik pengangkatan (*four point pick up*).

a) Perhitungan Tulangan Angkat Pelat



Gambar Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)
 (Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete)

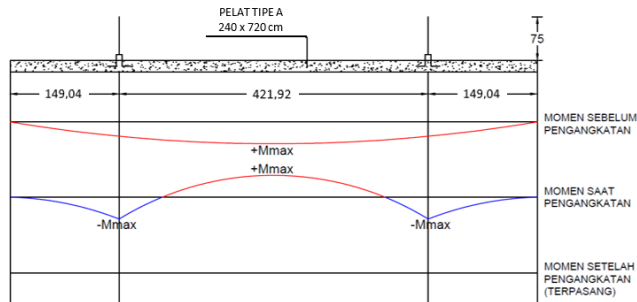
- Gaya akibat pengangkatan akan ditransformasikan kedua arah horizontal, yaitu arah i dan j.
- Tinggi pengangkatan dari muka pelat diambil 75 cm

- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ($k = 1,2$) pada saat pengangkatan.
 - Beban mati:
 - Berat pelat pracetak:

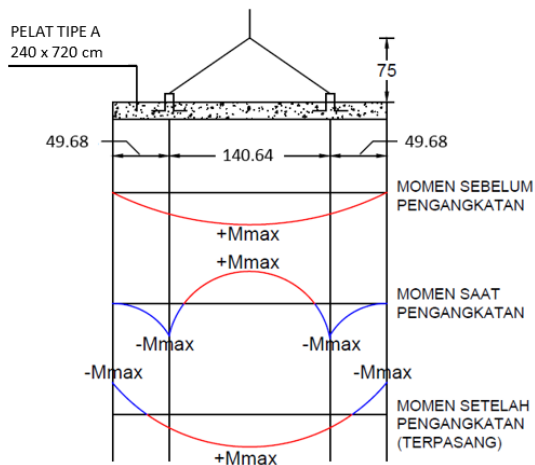
$$= 0,08 \times 2,4 \times 7,2 \times 2360 = 3262,46 \text{ kg}$$
 - Stud + Tulangan Angkat:

$$= 10\% \times 3262,46 = 326,246 \text{ kg}$$
- Total:** $3262,46 \text{ kg} + 326,246 = 3588,71 \text{ kg}$

b) Pengangkatan Pelat Tipe B



Gambar 4. 7. Momen pengangkatan pelat arah i



Gambar 4. 8. Momen pengangkatan pelat arah j

Dalam hal ini dianggap ada 2 orang pekerja yang ikut serta diatas pelat untuk mengatur dan mengarahkan posisi pelat, maka $LL = 100 \times 2 = 200 \text{ kg}$.

$$\begin{aligned}\text{Beban ultimate} &= (1,2 \times 1,2 \times 3588,71) + (1,2 \times 1,6 \times 200) \\ &= 5551,74 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sesuai *PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete*, fig. 8.3.4. Terdapat 4 titik angkat dan terdapat sudut pengangkatan sebesar 45° sehingga harus dikalikan faktor $F = 1,41$

Gaya angkat (T_u) setiap tulangan (beban yang diterima 1 titik angkat:

$$P = \frac{5551,74}{4} \times 1,41 = 1956,99 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (f_s) diambil sebesar $2/3 f_y$.

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 266,667 \text{ MPa} = 2666,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{1956,99 \text{ kg}}{2666,67 \text{ kg/cm}^2} = 0,734 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat $\emptyset 10 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pakai} = 78,54 \text{ mm}^2 = 0,7854 \text{ cm}^2 > 0,734 \text{ cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan angkat $\emptyset 10 \text{ mm}$

SNI 2847 2013 pada lampiran D dijelaskan bahwa dalam pendesainan tulangan angkur, tarik pada angkur harus lebih kecil dibanding kekuatan nominal.

- Tulangan angkur = 10 mm
- Jumlah angkur = 4 buah
- Faktor sling 60° = 1,16
- Faktor kejut = 1,5

$$W' = \text{Beban ultimate} \times \text{Faktor sling } 60^\circ \times \text{Faktor kejut}$$

$$W' = 5551,74 \text{ kg} \times 1,16 \times 1,5$$

$$W' = 9660,03 \text{ kg}$$

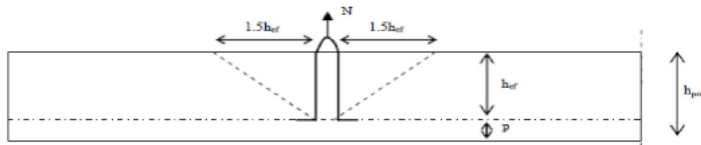
Dengan asumsi, jika setiap tulangan angkur dapat menerima beban total pada komponen pracetak, sehingga:

$$N_n = W / n = 9660,03 / 4 = 2415,008 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847-2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($k_c = 10$, angkur cor di dalam) maka:

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{N_n}{k_c \sqrt{f_{c'}}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2415,008}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 11,8556 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dipasang sedalam 30 mm dari permukaan pelat pracetak



Gambar 4. 9. Pengukuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak
(PCI Precast and Prestressed Concrete 7th figure 6.5.1)

Panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (*breakout*) yang terbesar dari:

$$de = \frac{h_{ef}}{\tan 35^\circ} = \frac{30}{\tan 35^\circ} = 42,84 \text{ mm}$$

$$de = 1,5 h_{ef} = 1,5 \times 30 = 45 \text{ mm}$$

Maka digunakan $de = 45 \text{ mm}$

c) Menghitung Kebutuhan Strand

$P = 1956,99 \text{ kg}$ (beban 1 titik angkat)

Berdasarkan *PCI Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete* tabel *Design Aid 11.2.3 Properties and Design Strengths of Prestressing Strand and Wire*. Maka digunakan *Seven Wire Strand* dengan spesifikasi dibawah ini:

Diameter	= 1/4 in	= 6,35mm
fpu	= 250 ksi	= 1724 MPa
A	= 0,036 in	= 23,36mm ²
F strand	= 1724 x 23,36	= 40272,64 kg

$$\begin{aligned} \text{Maka gaya yang dipikul 1 Strand} &= 40272,64 / 4 \\ &= 10068,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol: $P < F \text{ strand}$

$$1956,99 \text{ kg} < 10068,16 \text{ kg (memenuhi)}$$

Jadi dipakai *Seven Wire Strand* diameter 1/4 in ($f_{pu} = 250 \text{ ksi}$)

4.4.1.15 Cek Pelat sebagai Diafragma

Pada metode pracetak harus memperhatikan distribusi gaya dalam pada komponen pracetak dengan lapisan toppingnya. Sehingga, penyaluran gaya geser horizontal harus dipastikan pada permukaan kontak elemen yang dihubungkan.

$$V_u = 50,713 \text{ kN}$$

$$\rightarrow \text{Kombinasi } (1,2+0,2S_{ds})D + 1,3E_x + 0,39E_y + 1L$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 17.5.3 Desain penampang yang dikenai geser horizontal:

$$\begin{aligned} V_{nh} &= 0,55 \times b_v \times d_x \\ &= 0,55 \times 1000 \times 93,5 \\ &= 51,425 \text{ N} \\ &= 51,425 \text{ kN} > V_u = 50,713 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menurut SNI 21.11.6 tebal slab diafragma pada komposit tidak boleh kurang dari 50 mm.

Tebal plat perencanaan sebesar $50 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm}$ OK

Menurut SNI Pasal 21.11.7.1 Rasio tulangan minimum untuk diafragma struktur memenuhi 7.12 . Sehingga penulangan komposit disamakan dengan tulangan pracetak yaitu D10-150 (Lentur) & D10-300 (Susut).

Menurut SNI 2847 2013 Pasal 21.11.9.1 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi:

$$\begin{aligned} A_{cv} &= \text{Tebal } \textit{Overtopping} \times b \\ &= 50 \times 1000 \\ &= 50000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan pasal 11.9.9.2 SNI 2847:2013, ρ_t dapat diambil 0,0025.

$$V_n = A_{cv} (0,17 \lambda \sqrt{f'c} + \rho_t f_y)$$

$$= 50000 ((0,17 \times 1 \times \sqrt{35}) + (0,0025 \times 400))$$

$$= 73612,16 \text{ N}$$

$$= 73,612 \text{ kN} > V_u = 50,713 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Menurut SNI 2847 2013 Pasal 21.11.9.2 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi:

$$V_n = 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f_c'}$$

$$= 0,66 \times (50000) \times \sqrt{35}$$

$$= 195230,63 \text{ N}$$

$$= 195,23 > V_u = 50,713 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Menurut SNI 2847 2013 Pasal 21.11.9.3 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi:

$$\mu = 1 \quad \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$\mu = 1 (1) = 1$$

$$V_n = A_{vf} \times \mu \times f_y$$

$$= (1/4 \times \pi \times 13^2) \times 1 \times 400$$

$$= 53092,92 \text{ N}$$

$$= 53,092 \text{ kN} > V_u = 50,713 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

4.4.2. Perhitungan Tulangan Tangga

Perhitungan penulangan tangga ini menggunakan tangga yang digunakan sebagai penghubung lantai 1 dan lantai 2. Data-data perencanaan dan perhitungan penulangan tangga tipe 1 adalah sebagai berikut :

Data perencanaan :

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe Tangga : Tipe 1
- Perletakan : Jepit – Sendi - Jepit
- Mutu Beton (f_c') : 30 MPa
- Mutu Baja Lentu (f_y) : 400 MPa
- Tebal Pelat Tangga : 15 cm
- Tebal Pelat Bordes : 15 cm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Tinggi Tanjakan : 16 cm
- Panjang datar Tangga : 280 cm
- Tinggi tangga : 450 cm

- Tinggi bordes : 225 cm
- Lebar tangga : 315 cm
- Lebar bordes : 150 cm

b. Perhitungan Dimensi Tangga :

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{TinggiBordes^2 + PanjangTangga^2}$$

$$L = \sqrt{30^2 + 16^2}$$

$$L = 34 \text{ cm}$$

- Jumlah tanjakan

$$nt = \frac{TinggiBordes}{TinggiTanjakan}$$

$$Nt = \frac{225}{16} = 14 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan

$$ni = nt - 1$$

$$= 14 - 1$$

$$= 13 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \arctan \frac{16}{30} = 28,1^\circ$$

Syarat sudut kemiringan

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$15 \leq 28 \leq 40 \quad (\text{memenuhi})$$

Syarat sudut kemiringan

$$60 \leq 2t + i \leq 65$$

$$60 \leq 62 \leq 65 \quad (\text{memenuhi})$$

- Tebal efektif pelat tangga = $\frac{i}{2} \sin \alpha = \frac{30}{2} \sin 28,1 = 7 \text{ cm}$

- Tebal efektif pelat tangga = 150 mm + 70 mm
= 22 cm

Pembebanan Tangga dan Bordes

c. Pembebanan Pelat Tangga

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat efektif tangga} = 0,22 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t = 2 cm)} = 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik (t = 1 cm)} = 1 \times 16,5 \text{ kg/m}^2 = 16,5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Susuran Tangga} = 89 \text{ kg}$$

$$\text{Palang Pengaman} = 111 \text{ kg}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup tangga untuk bangunan hotel} = 479 \text{ kg/m}^2$$

d. Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat efektif tangga} = 0,22 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t = 2 cm)} = 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik (t = 1 cm)} = 1 \times 16,5 \text{ kg/m}^2 = 16,5 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban hidup tangga untuk bangunan hotel} = 479 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan Tulangan Pelat Tangga

a. Keperluan Pemasangan Tulangan

$$L_y = 325 \text{ cm}$$

$$L_x = 158 \text{ cm}$$

$$\text{Maka } \beta = L_y/L_x = 2,057 > 2 \text{ (satu arah)}$$

b. Tinggi Efektif Pelat

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai tulangan D 16 mm}$$

$$\text{Nilai } d_x = \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - 1/2D$$

$$= 150 - 20 - 8$$

$$= 122 \text{ mm}$$

$$\text{Nilai } d_y = \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - D - 1/2D$$

$$= 150 - 20 - 16 - 8$$

$$= 106 \text{ mm}$$

c. Nilai ρ minimum dan ρ maksimum

$$\Phi = 0,9$$

$$\beta_1 = \frac{0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7}}{\geq 0,65} = 0,836 \geq 0,65 \text{ (memenuhi)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} = \frac{0,85 \times 30 \times 0,836}{400} = 0,053$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,040$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

d. Gaya Dalam Hasil Output SAP

$$M_{22} = 4666,473 \text{ Kg.m}$$

$$M_{11} = 3032,363 \text{ Kg.m}$$

Karena momen $M_{22} > M_{11}$, maka nilai M_{22} dipakai untuk menghitung tulangan arah X dan M_{11} untuk arah Y.

e. Penulangan Pelat Tangga Arah X

$$M_u = 4666,473 \text{ Kg.m} = 46664730 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{46664730}{0,9} = 51849700 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d \times x^2} = \frac{51849700}{1000 \times 14884} = 3,48$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{F_y}} \right) = 0,0094$$

$$\text{Check} = \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$= 0,0035 < 0,0094 < 0,040 \text{ (memenuhi)}$$

Maka nilai ρ yang digunakan yaitu 0,0094

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0094 \times 1000 \times 122$$

$$= 1147,084 \text{ mm}^2$$

Direncanakan pakai tulangan D16

$$\text{As tulangan pakai} = 0,25 \times \pi \times D^2 = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} = \frac{1147,08}{201,062} = 5,71 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{1000}{n} = 167 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan lentur utama pada balok atau slab tidak boleh melebihi tiga kali tebal :

$$\begin{aligned}\text{Syarat } S &\leq 3 \text{ (tp) atau } 450 \text{ mm} \\ 150 &\leq 3 \text{ (150) atau } 450 \text{ mm} \\ 150 &\leq 450 \text{ atau } 450 \text{ mm (memenuhi)}\end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur pelat tangga D16 – 150
(As = 1206,37)

Kontrol Kebutuhan Tulangan

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= \text{As tulangan} \times n \\ &= 201,1 \times 6 \\ &= 1206,372 \text{ mm}^2 \\ \text{Syarat} &= \text{As pakai} > \text{As perlu} \\ &= 1206,372 > 1147,084 \text{ (memenuhi)}\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{As \text{ pakai}}{b \times d} = \frac{1206,372}{1000 \times 122} = 0,00989 > \rho_{\text{perlu}} \\ &= 0,00989 > 0,0094 \text{ (memenuhi)} \\ a &= \frac{As \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1147,084 \times 400}{0,85 \times 1000 \times 30} = 17,99 \text{ mm} \\ \text{Mn tulangan} &= \phi \times As \times f_y (d - a/2) \\ &= 0,9 \times 1206,372 \times 45201,3 \\ &= 49076612,32 \text{ Nmm} > \text{Mu SAP} \\ &= 49076612,32 \text{ Nmm} > 46664730 \text{ Nmm} \\ &\text{(memenuhi)}\end{aligned}$$

Check Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{17,99}{122} = 0,147$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,836 = 0,313$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < \frac{c}{d} = 0,15 < 0,313 \text{ (memenuhi)}$$

Check Syarat Minimum Tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \min = \frac{0.25 \sqrt{F_c}}{F_y} \cdot b_w \cdot d_x = 417,6 \text{ mm}^2$$

$$A_s \min = \frac{1.4}{F_y} \cdot b_w \cdot d_x = 427 \text{ mm}^2$$

Dipilih $A_s \min$ yang paling kecil yaitu $= 417,6 \text{ mm}^2$

Syarat : $A_s \text{ pakai} > A_s \min$

$$1206 \text{ mm}^2 > 418 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

f. Penulangan Pelat Tangga Arah Y

Penulangan arah X merupakan tulangan susut. Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1. Luasan tulangan susut dan suhu untuk F_y 400 Mpa paling sedikit memiliki rasio 0.0020

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times d_y \\ &= 0,002 \times 1000 \times 106 \\ &= 212 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan pakai tulangan D10

$$A_s \text{ tulangan pakai} = 0,25 \times \pi \times D^2 = 78,540 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{212}{78,54} = 2,70 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{1000}{n} = 333 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan susut pada balok atau slab tidak boleh melebihi lima kali tebal :

Syarat $S \leq 5 \text{ (tp)}$ atau 450 mm

$$300 \leq 5 \text{ (150)} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$300 \leq 750 \text{ atau } 450 \text{ mm (memenuhi)}$$

Digunakan tulangan lentur pelat tangga D10 – 300

($A_s = 235,619$)

Perhitungan Tulangan Pelat Bordes

- a. Keperluan Pemasangan Tulangan
 $L_y = 315 \text{ cm}$
 $L_x = 150 \text{ cm}$
Maka $\beta = L_y/L_x = 2,100 > 2$ (satu arah)
- b. Tinggi Efektif Pelat
Selimut beton = 20 mm
Dipakai tulangan D 19 mm
Nilai $d_x = \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - 1/2D$
 $= 150 - 20 - 9,5$
 $= 120,5 \text{ mm}$
Nilai $d_y = \text{tebal pelat} - \text{selimut beton} - D - 1/2D$
 $= 150 - 20 - 19 - 9,5$
 $= 101,5 \text{ mm}$
- c. Nilai ρ minimum dan ρ maksimum
 $\Phi = 0,9$
 $\beta_1 = \frac{0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7}}{\geq 0,65} = 0,836 \geq 0,65$ (memenuhi)
 $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$
 $\rho_b = \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} = \frac{0,85 \times 30 \times 0,836}{400} = 0,053$
 $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,040$
 $m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$
- d. Gaya Dalam Hasil Output SAP
 $M_{22} = 4173,959 \text{ Kg.m}$
 $M_{11} = 5551,891 \text{ Kg.m}$
Karena momen $M_{11} > M_{22}$, maka nilai M_{11} dipakai untuk menghitung tulangan arah X dan M_{22} untuk arah Y.
- e. Penulangan Pelat Bordes Arah X
 $M_u = 5551,891 \text{ Kg.m} = 55518910 \text{ Nmm}$
 $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{55518910}{0,9} = 61687677,8 \text{ Nmm}$
 $R_n = \frac{M_n}{b \times d_x^2} = \frac{61687677,8}{1000 \times 14520,25} = 4,25$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{F_y}} \right) = 0,01169$$

$$\begin{aligned} \text{Check} &= \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\ &= 0,0035 < 0,0117 < 0,040 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka nilai ρ yang digunakan yaitu 0,0117

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0117 \times 1000 \times 121 \\ &= 1409,056 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan pakai tulangan D19

$$\text{As tulangan pakai} = 0,25 \times \pi \times D^2 = 283,529 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} = \frac{1409,06}{283,529} = 4,97 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{1000}{n} = 200 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan lentur utama pada balok atau slab tidak boleh melebihi tiga kali tebal :

$$\begin{aligned} \text{Syarat } S &\leq 3 \text{ (tp) atau } 450 \text{ mm} \\ 200 &\leq 3 \text{ (150) atau } 450 \text{ mm} \\ 200 &\leq 450 \text{ atau } 450 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur pelat tangga D19 – 200
(As = 1417,64)

Kontrol Kebutuhan Tulangan

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \text{As tulangan} \times n \\ &= 283,5 \times 5 \\ &= 1417,644 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat} &= \text{As pakai} > \text{As perlu} \\ &= 1417,644 > 1409,056 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{\text{As pakai}}{b \times d} = \frac{1417,644}{1000 \times 120,5} = 0,01176 > \rho_{\text{perlu}} = 0,01176 > 0,01169 \text{ (memenuhi)}$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times b \times f_c'} = \frac{1409,056 \times 400}{0,85 \times 1000 \times 30} = 22,10 \text{ mm}$$

$$\text{Mn tulangan} = \phi \times \text{As} \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,9 \times 1417,644 \times 43779,4 \\
 &= 55857271,34 \text{ Nmm} > \mu \text{ SAP} \\
 &= 55857271,34 \text{ Nmm} > 55518910 \text{ Nmm} \\
 &(\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Check Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{22,10}{121} = 0,183$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,836 = 0,313$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < \frac{c}{d} = 0,183 < 0,313 (\text{memenuhi})$$

Check Syarat Minimum Tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.5.1

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{F_c}}{F_y} \cdot b_w \cdot d_x = 412,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{F_y} \cdot b_w \cdot d_x = 421,8 \text{ mm}^2$$

Dipilih $A_s \text{ min}$ yang paling kecil yaitu $= 412,5 \text{ mm}^2$

Syarat : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min}$

$$1418 \text{ mm}^2 > 413 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

f. Penulangan Pelat Bordes Arah Y

Penulangan arah X merupakan tulangan susut. Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1

Luasan tulangan susut dan suhu untuk F_y 400 Mpa paling sedikit memiliki rasio 0.0020

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times d_y \\
 &= 0,002 \times 1000 \times 101,5 \\
 &= 203,0 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan pakai tulangan D10

$$As \text{ tulangan pakai} = 0,25 \times \pi \times D^2 = 78,540 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{212}{78,54} = 2,70 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan, } s = \frac{1000}{n} = 333 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan susut pada balok atau slab tidak boleh melebihi lima kali tebal :

$$\text{Syarat } S \leq 5 \text{ (tp) atau } 450 \text{ mm}$$

$$300 \leq 5 \text{ (150) atau } 450 \text{ mm}$$

$$300 \leq 750 \text{ atau } 450 \text{ mm (memenuhi)}$$

Digunakan tulangan lentur pelat tangga D10 – 300

(As = 235,619)

4.4.3 Perencanaan Balok Anak

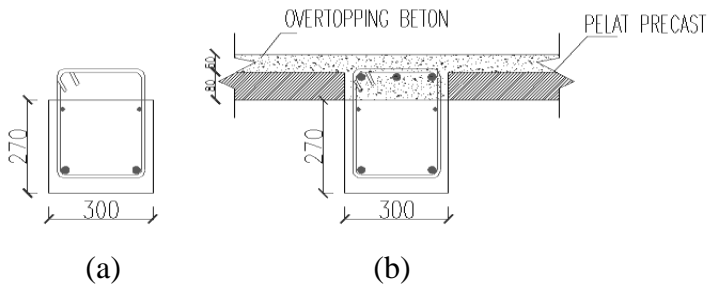
Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada dibalik induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

4.2.3.1 Data Perencanaan

- Dimensi Balok Anak = 30 x 40 cm
- Tebal decking = 50 mm
- Tulangan Lentur = D19 mm
- Mutu Baja (fy) = 390 Mpa
- Mutu Beton (fc') = 350 Mpa
- Tulangan Geser = Ø10

Dalam perhitungan bab ini akan direncanakan dalam tiga tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit, penulangan saat pengangkatan, dan penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara ketiga keadaan tersebut.

Bedasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit

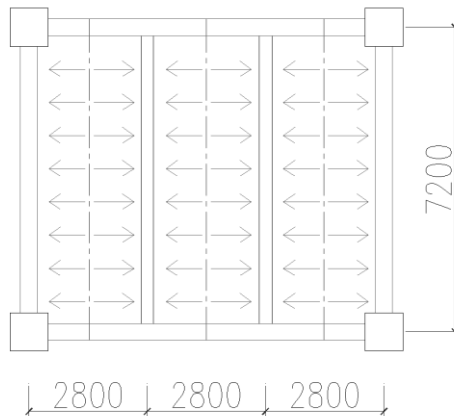


Gambar (a) Dimensi balok anak sebelum komposit, (b) dimensi balok anak sesudah komposit

4.2.3.2 Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri dari balok anak tersebut dan semua beban merata yang terjadi pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata yang berada diatas pelat).

Distribusi pembebanan sebelum komposit merupakan pelat satu arah, dengan demikian beban yang terjadi adalah persegi panjang yaitu terbagi menjadi dua.



Gambar 1 Distribusi Beban pada Balok Anak 30/40

$$L_x = 280 - (30/2 + 40/2) = 245 \text{ cm}$$

$$L_y = 720 - (40/2 + 40/2) = 680 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 7833 – 2012 Gambar R4.6.2

$$\begin{aligned} \text{Panjang Landasan} &= \frac{L_n}{180} \geq 75 \text{ mm} \\ &= \frac{6800}{180} = 37,77 \leq 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan panjang landasan 75 mm

$$\begin{aligned} \text{Jadi, panjang balok pracetak} &= 680 \text{ cm} + (7,5 \times 2) \times \\ 120 \text{ cm} & \\ &= 695 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Sebelum Komposit

Pada kondisi ini topping terpasang namun belum berkomposit serta orang yang bekerja dan peralatannya.

Beban Mati (DL)

$$\begin{aligned} \text{Berat balok precast} &= 0,3 \times 0,27 \times 2400 = 194 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat pecast} &= 0,13 \times 2,45 \times 2400 = \underline{764 \text{ kg/m}} + \\ \text{DL} &= 958 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Pekerja dan peralatan LL} = 200 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban Ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (958) + 1,6 (200) = 1350 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Sesudah Komposit

Pada kondisi ini topping terpasang telah berkomposit serta beban layanan hunian dan beban merata yang terjadi dipelat telah bekerja

Beban Mati (DL)

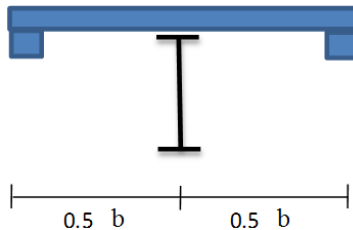
$$\begin{aligned} \text{Berat balok} &= 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat pecast} &= 0,13 \times 2,45 \times 2400 = 764 \text{ kg/m} \\ \text{Penggantung + Plafond} &= 6,5 \times 2,45 = 15,92 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Keramik} &= 20,5 \times 2,45 = 50,23 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Ducting + mekanikal} &= 19 \times 2,45 = 46,55 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Spesi	$= 5 \times 2,45$	$= 12,25 \text{ kg/m}^2 +$
		DL $= 1177 \text{ kg/m}$
Beban Hidup (LL)		
Beban Kerja	$= 287$	$= 287 \text{ kg/m}^2$
Beban Partisi	$= 72$	$= 72 \text{ kg/m}^2 +$
		LL $= 359 \text{ kg/m}^2$
Kombinasi Beban Ultimate		
$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$		
$= 1,2 (1177) + 1,6 (359) = 1771 \text{ kg/m}$		

4.2.3.3 Perhitungan Momen dan Geser

Perhitungan momen dan gaya lintang sesuai dengan ikhtisar momen – momen dan gaya melintang dari SNI 03-28472013 pasal 8.3.3.

- Momen Sebelum Komposit



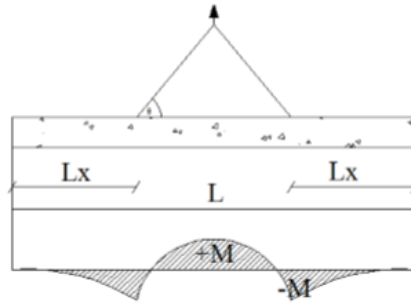
Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen :

$$M_{+(lap)} = \frac{1}{16} \times Q_u \times (0,5Lx)^2 = \frac{1}{16} \times 1350 \times 0,5,6,8^2 = 976 \text{ kgm}$$

$$M_{+(tump)} = \frac{1}{10} \times Q_u \times (0,5Lx)^2 = \frac{1}{10} \times 1350 \times 0,5,6,8^2 = 1562 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \times Q_u \times Lx = \frac{1}{2} \times 1350 \times 3,4 = 2296 \text{ kg}$$

- Momen Saat Pengangkatan



Gambar 4. 10. Momen Saat Pengangkatan Balok Anak

$$M_{+(lap)} = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Yc}{Lx \operatorname{tg} \emptyset} \right) \times 1,5$$

$$M_{-(tump)} = \frac{WX^2L^2}{2} \times 1,5$$

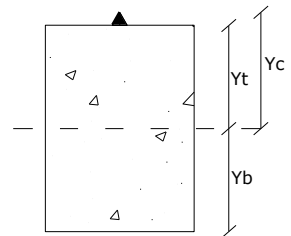
$$X = \frac{1 + \frac{4Yc}{Lx \operatorname{tg} \emptyset}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left(1 + \frac{4Yc}{Lx \operatorname{tg} \emptyset} \right)} \right)}$$

Kondisi sebelum komposit :

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 27 \text{ cm}$$

$$L = 695 \text{ cm}$$

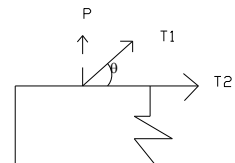


Perhitungan:

$$Yt = Yb = \frac{27}{2} = 14 \text{ cm}$$

$$Yc = Yt + 5 = 19 \text{ cm}$$

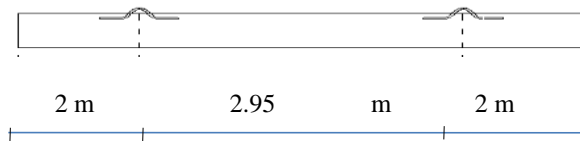
$$\text{Sudut Pengangkatan } (\emptyset) = 45^\circ$$



$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 24}{720 \times \tan 45^\circ}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{14}{14} \left(1 + \frac{4 \times 19}{695 \times \tan 45^\circ} \right)} \right)} = 0,222$$

$$X \times L = 0,222 \times 695 = 155 \text{ cm} = 2\text{m}$$

$$L - 2x(X \times L) = 6,95 \text{ m} - 2(2\text{m}) = 2,95 \text{ m}$$



Gambar 2 Letak titik Pengangkatan Balok anak
Beban yang bekerja pada balok anak pada waktu
pengangkatan :

$$\text{Berat sendiri} = 0,3 \times 0,27 \times 2400 = 194 \text{ kg/m}$$

Untuk mengatasi beban kejut akibat
pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan
factor akibat pengangkatan sebesar 1.5 :

$$\begin{aligned} M_{+(lap)} &= \frac{194 \times 6,95^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,221 \right. \\ &\quad \left. + \frac{4 \times 19}{6,95 \times \tan 45^\circ} \right) \times 1,5 \\ &= 382 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{194 \times 0,222^2 \times 6,95^2}{2} \times 1,5 = 349 \text{ kgm}$$

- Momen Sesudah Komposit

$$M_{-(lap)} = \frac{1}{8} \times Qu \times Lx^2 = \frac{1}{8} \times 1771 \times 6,8^2 = 10241 \text{ kgm}$$

$$M_{+(tump)} = \frac{1}{10} \times Qu \times Lx^2 = \frac{1}{10} \times 1771 \times 6,8^2 = 8193 \text{ kgm}$$

$$Vu = \frac{1}{2} \times Qu \times Lx = \frac{1}{2} \times 1858 \times 6,8 = 6024 \text{ kg}$$

4.2.3.4 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

Untuk mutu beton $f'_c = 35$ MPa berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f'_c - 28) \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (35 - 28) \geq 0,65 = 0,80$$

Dengan demikian maka batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,037$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,037 = 0,0277$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,109 \text{ Mpa}$$

1. Penulangan Balok Anak Sebelum Komposit

- Tulangan Lentur Lapangan**

$$d = 270 - 50 - 10 - \frac{1}{2} (10) = 205 \text{ mm}$$

$$Mu = 976 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{976 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 205^2} = 0,967 \text{ Mpa}$$

$$p = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,967}{390}} \right) = 0,0025$$

Syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$0,0036 > 0,0025 < 0,0277$ (Tidak Memenuhi)

Sesuai **SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)** sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30% , $\rho = 0,0025 \times 1,3 = 0,0032$

$$\begin{aligned} As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0032 \times 300 \times 205 \\ &= 201 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{208}{0,25 \pi 10^2} = 2,5 \approx 3 \text{ buah}$$

$$As_{pakai} = 3 \times (0,25 \pi \times 10^2) = 236 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 236 \text{ mm}^2 > As_{perlu} = 201 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{F_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 300 \times 205 = 233,3 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{F_y} b_w d = 300 \times 205 = 220 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 236 \text{ mm}^2 > As_{\min} \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan lapangan 3D10

- **Tulangan Lentur Tumpuan**

$$d = 270 - 50 - 10 - \frac{1}{2} (10) = 205 \text{ mm}$$

$$Mu = 1561 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1561 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 205^2} = 1,548 \text{ Mpa}$$

$$p = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 1,548}{390}} \right) = 0,004$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \\ 0,0036 < 0,004 < 0,0277 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$\begin{aligned} As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,004 \times 300 \times 205 \\ &= 250,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{250,8}{0,25 \pi 10^2} = 3,1 \approx 4 \text{ buah}$$

$$As_{pakai} = 4 \times (0,25 \pi \times 10^2) = 314 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 314 \text{ mm}^2 > As_{perlu} = 250,8 \text{ mm}^2$$

(Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{F_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 300 \times 205 = 233,3 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4}{F_y} b_w d = 300 \times 205 = 220,7 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 236 \text{ mm}^2 > As_{\min} \quad (\text{Memenuhi})$$

Jadi dipakai tulangan lapangan 4D10

• Tulangan Geser

$$V_u = 22959 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times (\sqrt{f_c'} \times b_w \times d) = \frac{1}{6} \times (\sqrt{35} \times 300 \times 205) =$$

$$60640 \text{ N}$$

$$\theta V_c = 0,75 \times 60640 \text{ N} = 45479 \text{ N}$$

$$0,5 \theta V_c = 0,5 \times 45479 = 22739 \text{ N}$$

$$\theta V_c = 45479 \text{ N} > V_u = 22959 \text{ N} > 0,5 \theta V_c = 22739 \text{ N}$$

kondisi diatas cukup dipasang tulangan geser minimum.

Di coba jarak 2 kaki $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$ ($A_s = 157 \text{ mm}^2$) dengan mutu baja ($f_y = 240 \text{ mm}$)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat tulangan geser minimum ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.6.3

$$A_s \min = \frac{0,062 \sqrt{f_c}}{F_y} b_w s = \frac{0,25 \sqrt{35}}{240} 300 \times 200 = 91,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s \min = \frac{0,35}{F_y} b_w s = \frac{0,35}{240} 300 \cdot 200 = 87,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 157 \text{ mm}^2 > A_s \min \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi di pakai jarak $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

2. Penulangan Balok Anak Saat Pengangkatan

• Tulangan Lentur Lapangan

$$d = 270 - 50 - 10 - \frac{1}{2} (10) = 205 \text{ mm}$$

$$M_u = 382 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{382 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 205^2} = 0,379 \text{ Mpa}$$

$$p = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,379}{390}} \right) \\ = 0,0009$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0036 > 0,0009 < 0,0277 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Sesuai *SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)* sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30% , $\rho = 0,0009 \times 1,3 = 0,0012$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0012 \times 300 \times 205 \\ &= 78,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{78,14}{0,25 \pi 10^2} = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

$$A_{spakai} = 2 \times (0,25\pi \times 10^2) = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$A_{pakai} = 157,08 \text{ mm}^2 > A_{perlu} = 78,14 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan lapangan 2D10

- **Tulangan Lentur Tumpuan**

$$d = 270 - 50 - 10 - \frac{1}{2}(10) = 205 \text{ mm}$$

$$Mu = 349 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{349 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 205^2} = 0,346 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,346}{390}} \right) \\ &= 0,0008 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0036 > 0,0009 < 0,0277 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Sesuai *SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3)* sebagai alternative, untuk komponen struktur besar dan masif luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan.

Maka ρ diperbesar 30% , $\rho = 0,0008 \times 1,3 = 0,0011$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0011 \times 300 \times 205 \end{aligned}$$

$$= 71,35 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{71,35}{0,25 \pi 10^2} = 0,9 \approx 2 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times (0,25\pi \times 10^2) = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} = 157,08 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 78,14 \text{ mm}^2$$

(Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan lapangan 2D10

3. Penulangan Balok Anak Sesudah Komposit

- Tulangan Lentur Tumpuan**

$$d = 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2}(19) = 331 \text{ mm}$$

$$Mu = 8193 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{8193 \times 10^4}{0,8 \times 300 \times 331^2} = 3.125 \text{ Mpa}$$

$$p = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 3,125}{390}} \right)$$

$$= 0,008$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0036 < 0,008 < 0,0277 \text{ (Memenuhi)}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,008 \times 300 \times 331 = 841 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{846}{0,25\pi 19^2} = 2,9 \approx 3 \text{ buah}$$

$$As \text{ pakai} = 3 \times (0,25\pi \times 19^2) = 850 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ pakai} = 850 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 841 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1

$$As_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{F_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 300 \times 331 = 376 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{F_y} b_w d = 300 \times 331 = 356 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 850 \text{ mm}^2 > As_{min} \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan tarik 3D19

Untuk tulangan tekan diambil 0,5 tulangan tarik : 2D19

- **Tulangan Lentur Lapangan**

$$d = 400 - 50 - 10 - \frac{1}{2}(19) = 331 \text{ mm}$$

$$Mu = 10241 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{10241 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 331^2} = 3,907 \text{ Mpa}$$

$$p = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 3,907}{390}} \right) = 0,011$$

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0036 > 0,011 < 0,0277 \text{ (Memenuhi)}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,011 \times 300 \times 331$$

$$= 1069 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{1069}{0,25 \pi 19^2} = 3,7 \approx 4 \text{ buah}$$

$$As_{pakai} = 4 \times (0,25 \pi 19^2) = 1134 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} = 1134 \text{ mm}^2 > As_{perlu} = 1069 \text{ mm}^2$$

(Memenuhi)

Cek syarat minimum tulangan

Syarat minimum tulangan ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{F_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{390} 300 \times 331 = 376 \text{ mm}^2$$

$$A_s \min = \frac{1,4}{F_y} b_w d = 300 \times 331 = 356 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 1140 \text{ mm}^2 > A_s \min \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan tarik 4D19

Untuk tulangan tekan diambil 0,5 tulangan tarik : 2D19

4.2.3.5 Perhitungan Tulangan Geser Balok anak

$$V_u = 60241 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} x (\sqrt{f_c'} \times b_w \times d) =$$

$$\frac{1}{6} x (\sqrt{35} \times 300 \times 331) = 97763 \text{ N}$$

$$\theta V_c = 0,75 \times 97763 \text{ N} = 73322 \text{ N}$$

$$0,5 \theta V_c = 0,5 \times 73322 = 36661 \text{ N}$$

$$\theta V_c = 73322 \text{ N} > V_u = 60241 \text{ N} > 0,5 \theta V_c = 36661 \text{ N}$$

kondisi diatas cukup dipasang tulangan geser minimum.

Batas spasi tulangan geser menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1:

$$S_{maks} = d/2 = 439/2 = 219 \text{ mm atau}$$

$$S_{maks} = 600 \text{ mm}$$

Di coba jarak $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$ dengan mutu baja ($f_y = 240 \text{ mm}$)

Cek syarat minimum tulangan

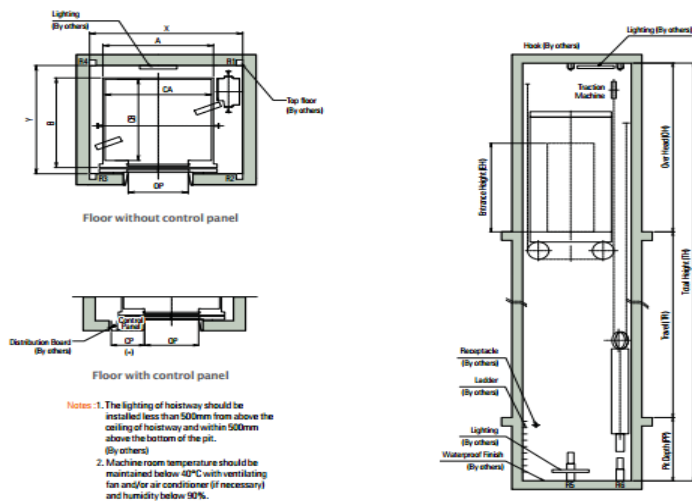
Syarat tulangan geser minimum ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.6.3

$$A_s \min = \frac{0,062 \sqrt{f_c'}}{F_y} b_w s = \frac{0,25 \sqrt{35}}{240} 300 \times 200 = 91,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s \min = \frac{0,35}{F_y} b_w s = \frac{0,35}{240} 300 \cdot 200 = 87,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai} = 157 \text{ mm}^2 > A_s \min \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi di pakai jarak $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

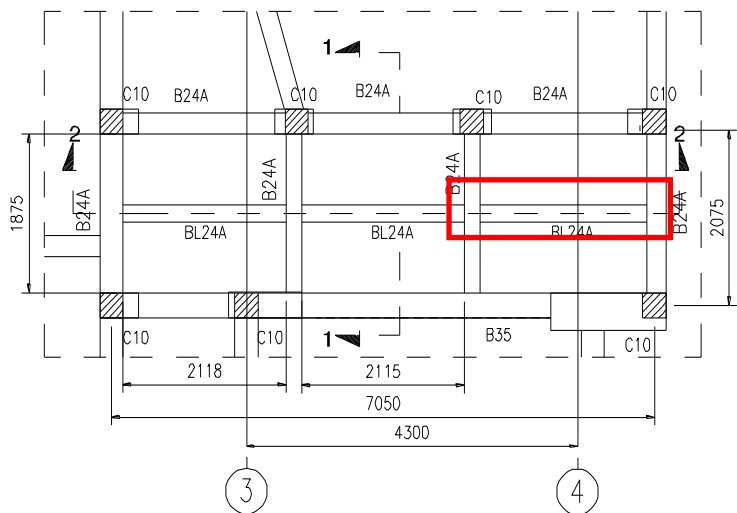


Gambar 4. 11. Model dan Jenis Lift

Tabel 4. 9. Kapasitas Lift

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway		Motor (kW)	M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		CA x CB	A x B	X	Y		R1	R2	R3	R4	R5	R6
1	8	550	800	1300 x 1100	1360 x 1255	2050	1700	3.4	4000	2100	1500	600	7000	1600
1.5								5.1						
1.75								5.9						
1	9	600	800	1300 x 1190	1360 x 1345	2050	1800	3.7	4100	2300	1600	600	7300	1600
1.5								5.6						
1.75								6.5						
1	10	700	800	1300 x 1300	1360 x 1455	2050	1800	4.3	4500	2300	1700	650	7800	1600
1.5								6.5						
1.75								7.5						
1	11	750	800	1300 x 1400	1360 x 1555	2050	1850	4.6	4800	2300	1750	700	8100	1700
1.5								6.9						
1.75								8.1						
1	13	900 930 (H.C)	900	1500 x 1400 1600 x 1350	1560 x 1555 1660 x 1505	2200 2300	1850	5.7	5100	2500	1800	750	9200	1900
1.5								8.6						
1.75					1600 x 1570 1700 x 1520	2400 2500	2100 2250	10						
2								11.5						
2.5								14.5						
									5900	3700	1800	900	11200	2300

Perencanaan Balok Lift



Gambar 4. 12. Denah Balok Lift

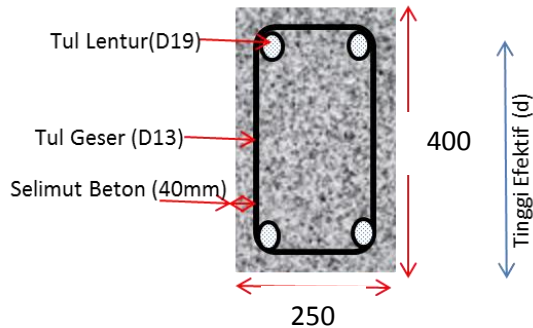
Output Gaya-Gaya Dalam Hasil Analisa SAP 2000

Tabel 4. 10. Hasil Output Gaya-Gaya Dalam

Hasil Output SAP				
1	Momen Torsi	:	13.280	kN-m
2	Momen Tumpuan Kanan	:	20.700	kN-m
3	Momen Tumpuan Kiri	:	18.330	kN-m
4	Momen Lapangan	:	61.440	kN-m
5	Gaya Geser Tumpuan	:	59.84	kN
6	Gaya Geser Lapangan	:	52.35	kN

A. Perhitungan Penulangan Balok Struktur

1. Tinggi Efektif Balok Asumsi (d)



$$d = 400 \text{ mm} - (40 + 13 + 19/2)$$

$$= 337.5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 400 \text{ mm} - 337.5 \text{ mm} = 62.5 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Tulangan Puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{\text{balok}} \times h_{\text{balok}} \\ &= 250 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \\ &= 100000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\ &= 2 \times (250 \text{ mm} + 400 \text{ mm}) \\ &= 1300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekking}} - \phi_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekking}} - \phi_{\text{geser}}) \\ &= (250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \times (400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \\ &= 48199 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times \{(b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekking}} - \phi_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekking}} - \phi_{\text{geser}})\} \\ &= 2 \times \{(250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + (400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm})\} \\ &= 928 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi yang diperoleh dari analisa SAP adalah :

Momen Puntir Ultimate

$$T_u = 13280000 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

$$T_n = \frac{13280000 \text{ Nmm}}{0,75}$$

$$T_n = 17706667 \text{ Nmm}$$

Periksa kebutuhan tulangan puntir

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$T_{u \min} = \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{100000^2}{1300} \right)$$

$$T_{u \min} = 2394230,8 \text{ Nmm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1.(a)

$$T_{u \max} = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_{u \max} = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{100000^2}{1300} \right)$$

$$T_{u \max} = 9519230,8 \text{ Nmm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2.(a)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$T_{u \min} > T_u \rightarrow$ tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{u \min} < T_u \rightarrow$ memerlukan tulangan puntir

$T_{u \min} < T_u$

$$2394230,8 \text{ Nmm} < 13280000 \text{ Nmm}$$

$T_u > T_{u \min}$ maka Memerlukan Tulangan Puntir

Tulangan puntir untuk lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} Ph \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

Dengan $\frac{A_t}{s}$ dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013

Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana:

- Untuk beton non prategang $\theta = 45^\circ$
- $A_o = 0,85 \times A_{Oh}$
 $= 0,85 \times 48199 \text{ mm}^2$
 $= 41451.14 \text{ mm}^2$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{17706667 \text{ Nmm}}{2 \times 41451.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0.86 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &> \frac{0,175 b}{f_{yt}} \\ 0.86 &> \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{400 \text{ MPa}} \\ 0.86 &> 0,11 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6

Maka tulangan puntir untuk lentur:

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} Ph \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta \\ A_l &= 0.86 \text{ mm} \times 928 \text{ mm} \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cot^2 45 \\ A_l &= 307.22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{f'c} \times Acp}{fy} - \frac{At}{s} Ph \left(\frac{Fyt}{Fy} \right)$$

$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{25} \times 100000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}} - 0,86 \text{ mm} \times 928 \text{ mm} \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$Al = -274,22 \text{ mm}^2$$

Periksa:

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$ maka gunakan Al_{min}

$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}}$ maka gunakan Al_{perlu}

$$307,22 \text{ mm}^2 \leq -274,22 \text{ mm}^2$$

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$, Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar $307,22 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagimerata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{307,22 \text{ mm}^2}{4} = 76,81 \text{ mm}$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang:

Pada sisi atas = Ditambahkan pada tulangan Lentur balok bagian atas.

Pada sisi Bawah = Ditambahkan pada tulangan Lentur balok bagian bawah

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir yaitu sebesar:

$$As = 2 \times 76,81 = 153,61 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisitengah)

$$n = \frac{1/2Al}{Luasan D puntir}$$

$$n = \frac{153,61 \text{ mm}^2}{132,79 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,156 \text{ buah}$$

$$n = 1,156 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan 2 D 13

3. Perhitungan Tulangan Lentur

A. Daerah Tumpuan Kanan

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right) \times 337.5 \text{ mm}$$

$$Xb = 202.5 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times Xb$$

$$X_{max} = 0,75 \times 202.5 \text{ mm}$$

$$X_{max} = 151.875 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 62.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 85 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \times 0,85 \times 85 \text{ mm}$$

$$Cc' = 383828.125 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$Asc = \frac{383828.125 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$Asc = 959.57 \text{ mm}^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 959.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left(337.5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 207000000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ux}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{207000000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 230000000 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= (230000000 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= -92676201.17 \text{ Nmm}$$

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b w \times d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 263.67 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times bw \times d}{fy}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 295.31 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{fy} \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times bw \times dy$$

$$A_{max} = 0.0203 \times 250 \text{ mm} \times 237.5 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 1205.31 \text{ mm}^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

Momen lapangan = 20700000 Nmm

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$Mn = \frac{20700000 \text{ Nmm}}{0,9} = 23000000 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{23000000 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (337.5 \text{ mm})^2} = 0.808$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 0.808}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0021$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0.0035 < 0.0021 < 0.0203$$

Syarat Tidak memenuhi Maka Digunakan ρ_{\min}

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times d$$

$$A_{\text{perlu}} = 0.0035 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = 295.31 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\text{As perlu} = \text{As} + \text{At}$$

$$= 295.31 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2$$

$$= 448.92 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul. Lentur}}$$

$$n = \frac{448.2 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 2.58 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

As pasang = n pasang x luasan D lentur

$$As \text{ pasang} = 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As \text{ pasang} = 1134.57\text{mm}^2$$

Kontrol : As pasang > As perlu

$$1134.57\text{mm}^2 > 448.92 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$As' \text{ perlu} = 1/2 As + At$$

$$As' \text{ perlu} = 283.64\text{mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2$$

$$As' \text{ perlu} = 437.25\text{mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul. Lentur}}$$

$$n = \frac{437.25 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 1.54 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

As' pasang = n pasang x luasan D lentur

$$As' \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As' \text{ pasang} > As' \text{ perlu}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 > 283.64\text{mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak tulangan tarik:

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} - 4 \times 19 \text{ mm}}{4 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak tulangan tekan

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 19 \text{ mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ &= 850.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/2$ M lentur tumpuan (-)

Luas Tulangan Tekan $\geq 1/2$ Luas Tul. Tarik

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 1/2 \cdot 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 567.29 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

As pakai tulangan tarik = 4 D19 = 1134.57 mm²

As pakai tulangan tekan = 3 D19 = 850.93 mm²

$$a = \frac{As \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0.85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 85.43 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = As \text{ tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n \text{ Pasang} = 1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{85.43 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$= 133782637.23 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 207000000 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$133782637.23 \text{ Nmm} > 207000000 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{As \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0.85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = As \text{ tul. Tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n \text{ Pasang} = 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$= 103971572.73 \text{ Nmm}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah Tumpuan Kanan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :
 - Lapis 1 = 3 D19
 - Lapis 2 = 1 D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
 - Lapis 1 = 3 D19

B. Daerah Tumpuan Kiri

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + F_y} \right) \times d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 Mpa} \right) \times 337.5 \text{ mm}$$

$$Xb = 202.5 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times Xb$$

$$X_{max} = 0,75 \times 202.5 \text{ mm}$$

$$X_{max} = 151.875 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 62.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 85 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f'c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \times 0,85 \times 85 \text{ mm}$$

$$Cc' = 383828.125 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{Fy}$$

$$Asc = \frac{383828.125 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$Asc = 959.57 \text{ mm}^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$Mnc = Asc \times Fy \times \left(d - \frac{\beta_1 \times Xr}{2} \right)$$

$$Mnc = 959.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{0.85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu = 18330000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = \frac{18330000 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$Mn = 20366666.67 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= (20366666.67 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= -95309534.51 \text{ Nmm}$$

$Mns > 0$, maka perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan rangkap

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w \times d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 263.67 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 295.31 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times b_w \times d_y$$

$$A_{max} = 0.0203 \times 250 \text{ mm} \times 237.5 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 1205.31 \text{ mm}^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

Momen lapangan = 18330000 Nmm

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$Mn = \frac{18330000 \text{ Nmm}}{0,9} = 20366666.67 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{20366666.67 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (337.5 \text{ mm})^2} = 0.715$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 0.715}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0018$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0.0035 < 0.0018 < 0.0203$$

Syarat Tidak memenuhi Maka Digunakan ρ_{\min}

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times d$$

$$A_{\text{perlu}} = 0.0035 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = 295.31 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{At} \\ &= 295.31 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2 \\ &= 448.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tul. Lentur}} \\ n &= \frac{448.2 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2} \end{aligned}$$

$$n = 2.58 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas D lentur} \\ \text{As pasang} &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \\ \text{As pasang} &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : As pasang} &> \text{As perlu} \\ 1134.57 \text{ mm}^2 &> 448.92 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$\begin{aligned} \text{As' perlu} &= 1/2 \text{As} + \text{At} \\ \text{As' perlu} &= 283.64 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2 \\ \text{As' perlu} &= 437.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As' perlu}}{\text{Luas Tul. Lentur}} \\ n &= \frac{437.25 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2} \end{aligned}$$

$$n = 1.54 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$As' \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur}$

$As' \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$

$As' \text{ pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$

Kontrol:

$As' \text{ pasang} > As' \text{ perlu}$

$850.93 \text{ mm}^2 > 283.64 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$

Kontrol Jarak tulangan tarik:

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\phi - n\phi \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 4 \times 19\text{mm}}{4 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} (\text{memenuhi})$$

Kontrol Jarak tulangan tekan

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\phi - n\phi \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 850.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 1/2 \times 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 567.29 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 4 \text{ D19} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850.93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f'_c b}$$

$$a = \frac{1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 85.43 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n \text{ Pasang} = 1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left(337.5 \text{ mm} - \frac{85.43 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$= 133782637.23 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$133782637.23 \text{ Nmm} > 115676201.17 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{As \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ Pasang} = As \text{ tul. Tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ Pasang} &= 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 103971572.73 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah Tumpuan Kanan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 = 3 D19

Lapis 2 = 1 D19

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 3 D19

C. Daerah Lapangan

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + F_y}\right) \times d$$

$$Xb = \left(\frac{600 \text{ M}}{600 + 400 \text{ Mpa}}\right) \times 337.5 \text{ mm}$$

$$Xb = 202.5 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times Xb$$

$$X_{max} = 0,75 \times 202.5 \text{ mm}$$

$$X_{max} = 151.875 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 62.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 85 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \times 0,85 \times 85 \text{ mm}$$

$$Cc' = 383828.125 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$Asc = \frac{383828.125 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$Asc = 959.57 \text{ mm}^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = Asc \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 959.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{lapangan} = 61440000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = \frac{61440000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$Mn = 68266666.67 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= (68266666.67 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= -47409534.51 \text{ Nmm}$$

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w \times d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 263.67 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 295.31 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times bw \times dy$$

$$A_{max} = 0.0203 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 1205.31 \text{ mm}^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen lapangan} = 61440000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$Mn = \frac{61440000 \text{ Nmm}}{0,9} = 68266666.67 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{68266666.67 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (337.5 \text{ mm})^2} = 2.397$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 2.397}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0064$$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{\text{perlu}} = 0.0064 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{\text{perlu}} = 537.96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{\text{vmin}} < A_{\text{perlu}} < A_{\text{max}}$$

$$263.67 \text{ mm}^2 < 537.96 \text{ mm}^2 < 1205.31 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\text{As perlu} = \text{As} + \text{At}$$

$$= 537.96 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2$$

$$= 691.57 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = \frac{691.57 \text{ mm}^2}{0.25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2}$$

$$n = 2.438 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\text{As pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$\text{As pasang} = 4 \text{ buah} \times 0.25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2$$

$$\text{As pasang} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } \text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$1134.57 \text{ mm}^2 > 826.26 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$\text{As' perlu} = 1/2 \text{As} + \text{At}$$

$$\text{As' perlu} = 283.64 \text{ mm}^2 + 254.01 \text{ mm}^2$$

$$\text{As' perlu} = 537.65 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As'_{\text{perlu}}}{\text{Luas Tul. Lentur}}$$

$$n = \frac{537.65 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 2.90 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$As'_{\text{pasang}} = n_{\text{pasang}} \times \text{luasan D lentur}$$

$$As'_{\text{pasang}} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As'_{\text{pasang}} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As'_{\text{pasang}} > As'_{\text{perlu}}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 > 608.57 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol S tulangan tarik:

$$S = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2\emptyset - n\emptyset_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat}}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} (\text{memenuhi})$$

Kontrol S tulangan tekan

$$S = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2\emptyset - n\emptyset_{\text{lentur}}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{\text{maks}} \geq S_{\text{syarat agregat}}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} (\text{memenuhi})$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1134.57 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 850.93 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 1/4 \cdot 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 283.64 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 4 \text{ D19} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850.93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 85.43 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$M_n \text{ Pasang} = 1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left(337.5 \text{ mm} - \frac{85.43 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$= 133782637.23 \text{ Nmm}$$

$$Mn \text{ perlu} = Mn = \text{Nmm}$$

Kontrol:

$$Mn \text{ pasang} > Mn \text{ perlu}$$

$$133782637.23 \text{ Nmm} > 68266666.67 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{As \text{ tulangan tekan} \times fy}{0,85 f'c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ Pasang} = As \text{ tul. Tekan} \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn \text{ Pasang} = 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$= 103971572.73 \text{ Nmm}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah Lapangan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 = 3 D19

Lapis 2 = 1 D19

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 3 D19

4. Perhitungan Tulangan Geser

Chek Semua Kondisi Sebelum Melakukan Perhitungan Tulangan Geser

1. Kondisi 1

Tegangan Geser Beton (V_c)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} b w d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 70.3 \text{ kN}$$

Kontrol Syarat :

$$V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c$$

$$59.84 \leq 0.5 \times 0.75 \times 70.3 \text{ kN}$$

$$59.84 \leq 26.367 \text{ kN (Tidak Memenuhi)}$$

Maka, pada kondisi 1 membutuhkan tulangan sengkang

2. Kondisi 2

Kontrol Syarat :

$$0.5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$0.5 \times 0.75 \times 70.3 \leq 59.84 \leq 0.75 \times 70.3$$

$$26.4 \leq 59.84 \leq 52.7 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 2 membutuhkan tulangan sengkang

3. Kondisi 3

$$V_{s \text{ min}} = 1/3 \times b_w \times d$$

$$= 1/3 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 28.1 \text{ mm}^2$$

Kontrol Syarat :

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s\text{-min}})$$

$$0.75 \times 70.3 \leq 59.84 \leq 0.75 (70.3 + 28.1)$$

$$52.7 \leq 59.84 \leq 73.8 \text{ kN (Tidak Memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 3 membutuhkan tulangan geser

4. Kondisi 4

Kontrol Syarat :

$$\phi (V_c + V_{s\text{-min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 1/3 \sqrt{f'c} b d)$$

$$0.75 \times (70.3 + 28.1) \leq 59.84 \leq 0.75 \times (70.3 + 1/3 \sqrt{25} \times 250 \times 337.5)$$

$$73.83 \leq 59.84 \leq 158.2 \text{ (memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 4 tidak membutuhkan tulangan geser

5. Kondisi 5

$$\begin{aligned}
 V_c &= 2/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d \\
 &= 2/3 \times \sqrt{25} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm} \\
 &= 281 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol Syarat :

$$\begin{aligned}
 \phi(V_c + 1/3 \times \sqrt{25} \times b \times d) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2/3 \times \sqrt{25} \times b \times d) \\
 158.2 \leq 59.84 \leq 263.67 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka pada kondisi 5 tidak membutuhkan tulangan geser

6. Kondisi 6

Kontrol Syarat:

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi (V_c + 2/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d) \\
 59.84 \text{ kN} &\leq 70.3 + 2/3 \times \sqrt{25} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm} \\
 59.84 \text{ kN} &\leq 263.67 \text{ kN (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka pada kondisi 6 tidak membutuhkan tulangan geser

Tulangan Geser Lapangan

$$\begin{aligned}
 V_{s-\min} &= 1/3 \times b \times d \\
 &= 1/3 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm} \\
 &= 28.1 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Diameter Tul Sengkang (D) : 13 mm

Luas Tulangan (A_v) : 133 mm²

Digunakan sengkang 2 kaki Diameter 13 Jarak = 150 mm

Maka :

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{S} \\
 &= \frac{133 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ mpa} \times 337.5 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\
 &= 119 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

1. $V_s > V_{s-\min}$

119 mm > 28.1 kN (Syarat Memenuhi)

$$2. S < d/2$$

$$150 \text{ mm} < 169 \text{ (Syarat Memenuhi)}$$

Maka spasi tulangan pakai = 150 mm

2 kaki D13-150

Tulangan Geser Tumpuan

$$V_u = 59.84 \text{ kN}$$

$$V_1 = 26.4 \text{ kN}$$

$$\phi = 0.75$$

$$D_{ia} = 13 \text{ mm}$$

$$A_v = 133 \text{ mm}^2$$

$$V_{s\text{-perlu}} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$= \frac{59.84 - 0.75 \times 26.4}{0.75}$$

$$= 53.4 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s\text{-perlu}}}$$

$$= \frac{133 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ mpa} \times 337.5 \text{ mm}}{53.4 \text{ kN}}$$

$$= 335 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 125 \text{ mm}$$

Kontrol:

SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5 Spasi Maksimum $d/2$ atau 600 mm Maka : $d/2 = 169 \text{ mm}$

Maka Spasi Tulangan Pakai = 125 mm **2 Kaki D13-125**

4.5 Detail Perhitungan Struktur Primer

Struktur utama ini berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral yang berupa beban gempa. Komponen struktur utama ini terdiri dari balok dan kolom. Perencanaan struktur primer Gedung Hotel Pesona Pekanbaru ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Berdasarkan SNI 2847-2013, pendetailan

semua struktur primer untuk kategori desain seismik D harus memenuhi ketentuan-ketentuan yg ada pada Pasal 21.1.4 - 21.1.7

4.5.1 Desain Struktur Balok Induk Pracetak

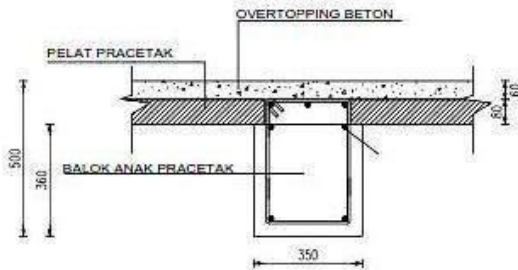
Data Perencanaan Balok BI-2 yang diperlukan meliputi :

- Panjang bentang = 7700 mm
- b balok induk = 400 mm
- h balok induk = 600 mm
- deckhing = 50 mm
- h pelat = 120 mm
- h balok pracetak = h balok induk - h pelat
= 600 - 120 = 480 mm
- Diameter tulangan longitudinal = 25 mm
- Diameter tulangan sengkang = 13 mm
- Dimensi balok anak = 25 x 35 cm²
- Mutu beton (f_c') = 35 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa
- B_j Beton = 2400 kg/m³

Balok BI-1 akan didesain sebagai balok pracetak Balok induk pracetak direncanakan terhadap 3 kondisi yaitu saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit. Lalu dipilih tulangan yang paling kritis di antara ketiga keadaan tersebut. Untuk penulangan balok didesain tipikal untuk lantai 1-8. Hal ini dilakukan karena kemiripan hasil *output* gaya dalam. Tujuan pendesainan seperti ini dapat mempermudah dan juga mempercepat pelaksanaan. Perancangan penulangan balok mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 21 mengenai ketentuan khusus untuk perencanaan gempa

Pada perencanaan sebelumnya, yaitu perencanaan pelat lantai, pelat lantai direncanakan menumpu pada balok induk. Oleh karena itu, balok induk menerima beban dari pelat lantai dan berat sendirinya. Balok induk yang direncanakan saat ini adalah balok BI-1 yang mempunyai ukuran 400 x 600 mm². Untuk menjaga elevasi akhir yang sama antar pelat lantai pada balok induk, maka

ketinggian balok induk akan dikurangi setinggi pelat lantai seperti gambar berikut.



Sehingga balok induk pracetak berukuran 400 x 480 mm² akan digunakan sebagai dimensi saat pengangkatan dan sebelum komposit.

4.5.1.1 Pembebanan Balok Induk Pracetak BI-2

a. Saat Pengangkatan

- Beban Mati (DL)

Berat balok induk	= 0,40 x 0,48 x 2400	= 460,8 Kg/m
Beban kejut	= 0,5 x 460,8	= 230,4 Kg/m
Total DL		= 691,2 Kg/m
- Beban Ultimate = 1,4DL
= 1,4(691,2) = 968 kg/m

b. Kondisi Sebelum Komposit

Pada saat kondisi sebelum komposit, pelat pracetak merupakan pelat dengan tipe 1 arah yang memiliki 2 tumpuan. Oleh karena itu balok induk menerima setengah beban akibat pelat dan setengah beban sisanya dipikul oleh balok induk sisi lainnya.

- Beban mati (DL)

Beban pelat pracetak	
$= 2 \left(\frac{1}{2} q l x \right) = 2 \left(\frac{1}{2} \times 0,07 \times 2400 \times 1,925 \right)$	= 323,4 kg/m
Beban <i>overtopping</i>	
$= 2 \left(\frac{1}{2} q l x \right) = 2 \left(\frac{1}{2} \times 0,05 \times 2400 \times 1,925 \right) \times 1,5$	= 346,5 kg/m
Total DL	= 669,9 kg/m
- Beban Hidup (LL)

Beban hidup pelat

$$= 2\left(\frac{1}{2} q lx\right) = 2\left(\frac{1}{2} \times 200 \times 2400 \times 1,925\right) = 385 \text{ kg/m}$$

- Beban Ultimate (q_u) = $1,2DL + 1,6LL$
 $= 1,2(2086) + 1,6(385)$
 $= 1585 \text{ kg/m}$

Kemudian berat total dari balok anak ini dijadikan sebagai beban terpusat (P_u) pada saat pembebanan balok induk.

$$\text{Berat balok anak} = 0,25 \times 0,23 \times 2400 = 138,0 \text{ kg/m}$$

$$P_u = \text{Berat balok anak} \times (1/2 L \text{ kiri} + 1/2 L \text{ kanan})$$

$$= 138 \text{ kg/m} \times (1,925/2) \text{ m} \times (1,925/2) \text{ m} = 265,7 \text{ kg}$$

Beban pada balok induk

Beban yang terjadi pada balok induk adalah berat sendiri balok induk dan berat ekuivalen pelat.

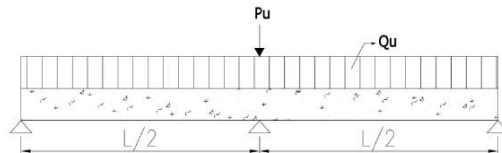
$$\text{Berat balok induk} = 0,40 \times 0,48 \times 2400 = 460,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Ekuivalen pelat} = 323,4 \text{ kg/m} + 346 \text{ kg/m} = 669,9 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total } qDL = 1130,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Ultimate } (q_u) = 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$= (1,2 \times 1130,7) + (1,6 \times 385) = 1972,84 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.51 Pembebanan Balok Induk Sebelum Komposit

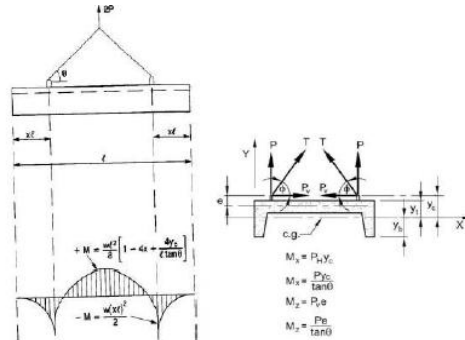
$$\begin{aligned} M_u &= \left(\frac{1}{10} \times Q_u \times \frac{L^2}{2}\right) + (1/4 \cdot P_u \cdot L) \\ &= 1918,617 \text{ kgm} = 19,186 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Setelah Komposit

Pada saat kondisi setelah komposit, momen yang bekerja pada balok dihasilkan dari *output* analisis struktur menggunakan program SAP 2000.

4.5.1.2 Penulangan Lentur BI-2 Saat Pengangkatan

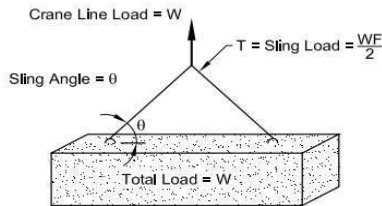
Pada saat pengangkatan direncanakan menggunakan 2 buah titik angkat yang sudah disediakan oleh PCI edisi ke-5 seperti gambar di bawah ini.



Gambar Titik Pengangkatan Balok

Momen yang Terjadi

$$M_+ = \frac{qu l^2}{8} \left[1 - 4x + \frac{4y_c}{l \tan \phi} \right] \quad \text{dan} \quad M_- = \frac{qu (x l)^2}{2}$$



Multiplication Factor "F" for the Total Load on Sling With a Sling Angle of θ					
θ	90°	75°	60°	45°	30° ^a
F	1.00	1.04	1.16	1.41	2.00
NOTE: θ is usually not less than 60°. check bi-directional sling angle.					
^a A 30° sling angle is not recommended.					

Gambar 4 Sudut pengangkatan

$$Y_t = Y_b = \frac{h_{pracetak}}{2} = \frac{480}{2} = 240 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50 \text{ mm} = 240 + 50 = 290 \text{ mm}$$

$$\theta = 60^\circ = 1,047$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yC}{L X \operatorname{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} \left(1 + \frac{4yC}{L X \operatorname{tg} \theta} \right)} \right)} = 0,222$$

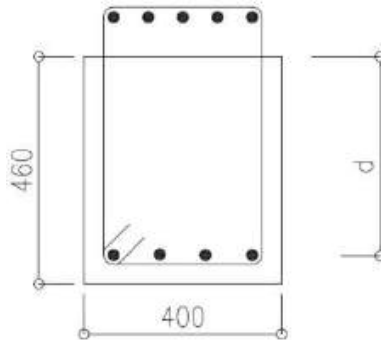
$$M_+ = \frac{968 (7,7)^2}{8} \left[1 - 4(0,222) + \frac{4 (290)}{7,7 (\tan 60)} \right] = 1417,87 \text{ kgm}$$

$$M_- = \frac{968 (0,222 \times 7,7)^2}{8} = 1417,87 \text{ kgm}$$

$$M_+ = M_-$$

• Penulangan Lentur Akibat Pengangkatan

Pada perencanaan awal, \emptyset diasumsikan 0,9 dan menggunakan 1 lapis tulangan.



Gambar Sketsa Penulangan Balok Anak Saat Pengangkatan

Tulangan Lapangan

$$d = 600 - 120 - 40 - 13 - \frac{1}{2} (16) = 414,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = \text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3}$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{f'c - 28}{7} \geq 0,65$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{35 - 28}{7} = 0,8 \geq 0,65$$

$$M = 14178665,63 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = \frac{14178665,63}{0,9 \times 400 \times 414,5^2} = 0,23 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,23}{400}} \right) = 0,00058 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c'}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{min} yaitu 0,0037

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$\begin{aligned} &= 0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,0268$$

Sehingga : $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$

$$0,0037 > 0,00047 < 0,0268 \text{ (**Tidak Memenuhi**)}$$

Maka digunakan $\rho_{\text{pakai}} = 0,0037$

Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0037 \times 400 \times 414,5 = 613,054 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1 menetapkan A_s tidak boleh kurang dari

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 400 \times 414,5 = 613 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 414,5}{400} = 580,3 \text{ mm}^2$$

Maka, A_s pakai = 613,054 mm²

Digunakan tulangan D – 25 mm ($A_{D25} = 490,874 \text{ mm}^2$)

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_s \text{ pakai}}{A_{D25}} = \frac{739,602}{490,87} = 1,23 \approx 2 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D25 ($A_s = 981,748 \text{ mm}^2$)

Tulangan Lentur Tekan

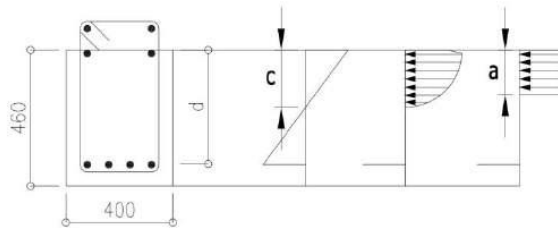
Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur tarik berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847-2013.

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 981,748 = 490,87 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur tekan 2D25 ($A_s = 981,748 \text{ mm}^2 > A_s'$)

Memenuhi

Kontrol Kapasitas Penampang:



Gambar Diagram Tegangan BI-2 Saat Pengangkatan

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{981,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 33 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{33}{0,8} = 41,25 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left(\frac{414,5}{36,67} - 1 \right) 0,003 = 0,027$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 981,7 \times 400 \times \left(414,5 - \frac{1}{2} \times 33 \right) \\ &= 140664824,70 \text{ Nmm} = 140,665 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Check : $\phi M_n > M_u$

$$140,665 \text{ kNm} > 14,17867 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

Penulangan Geser Akibat Pengangkatan

$$V_u = 0,5 \times q_u \times L = 0,5 \times 967,68 \times 7,7 = 3725,57 \text{ kg} = 37,26 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 400 \times 414,5 = 166674,67 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 166674,67 = 125006 \text{ kg} = 125,1 \text{ kN}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 125,1 = 62,53 \text{ kN}$$

$$\text{Check : } 0,5 \phi V_c > V_u$$

$$62,53 \text{ kN} > 37,26 \text{ kN}$$

Maka Kekuatan geser balok mencukupi, dan tidak dibutuhkan tulangan geser.

Kontrol Tegangan

Gaya yang terjadi, yaitu beban terpusat layan yang bekerja:

$$P_u = \frac{q_u l}{2} = \frac{967,68 \times 7,7}{2} = 3725,57 \text{ kg} = 37,26 \text{ kN}$$

$$P_v = \frac{P_u}{\tan \theta} = \frac{3725,568}{\tan 60} = 21509,58 \text{ kg} = 21,51 \text{ kN}$$

Tegangan yang terjadi pada balok saat beton berumur 14 hari:

$$f''c = 0,88 \times f'_c = 0,88 \times 35 = 30,8 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f''c} \quad \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 (1) \sqrt{30,8}$$

$$f_r = 3,441 \text{ MPa}$$

Momen layan yang bekerja adalah:

$$M_+ = M_- = \frac{q (x l)^2}{2} = \frac{691,2 (0,22 \times 7,7)^2}{2}$$

$$M_+ = M_- = 1012,76 \text{ kgm} = 10127618,3 \text{ Nmm}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 480^3 = 3686400000 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = \frac{M c}{I} + \frac{P_v}{A} < f_r$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = \frac{10127618,3 \times 41,25}{3686400000} + \frac{21509,58}{400 \times 480} < f_r$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = 0,113 + 0,112 < 3,44 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = 0,225 \text{ MPa} < 3,44 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847-2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 14 hari:

$$M_{cr} = \frac{f_r \times l}{c} = \frac{3,441 \times 3686400000}{41,25} = 307501024,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 307501024,1 \text{ Nmm} \geq M = 14178665,63 \text{ Nmm} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Lendutan

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{30,8} = 26083,94 \text{ Mpa}$$

$$\Delta \leq \Delta \text{ ijin}$$

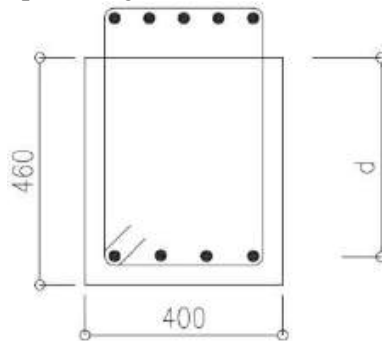
$$\frac{5 q l^4}{384 E I} \leq \frac{l}{360}$$

$$\frac{5 \times 691,2 \times 10^2 \times 7,2^4}{384 \times 26083,94 \times 3686400000} \leq \frac{7,2}{16}$$

$$2,228 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

4.5.1.3 Penulangan Lentur BI-2 Kondisi Sebelum Komposit

Pada perencanaan awal, \emptyset diasumsikan 0,9 dan menggunakan 1 lapis tulangan.



Gambar Sketsa Penulangan Balok Induk Saat Pengangkatan

Tulangan Lapangan

$$d = 600 - 120 - 40 - 13 - \frac{1}{2} (25) = 414,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{f'c - 28}{7} \geq 0,65$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{35 - 28}{7} = 0,8 \geq 0,65$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{19186165,6}{0,9 \times 400 \times 414,5^2} = 0,31 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 0,31}{400}} \right) = 0,00078 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{min} yaitu 0,0037

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,0268$$

Sehingga : $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$
 $0,0037 > 0,00078 < 0,0268$ (**Tidak Memenuhi**)

Maka digunakan $\rho_{\text{pakai}} = 0,0037$

Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0037 \times 400 \times 414,5 = 613,054 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1 menetapkan A_s tidak boleh kurang dari

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 400 \times 414,5 = 613 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 414,5}{400} = 580,3 \text{ mm}^2$$

Maka, A_s pakai = 613,054 mm²

Digunakan tulangan D – 25 mm ($A_{D25} = 490,87$ mm²)

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{D25}}} = \frac{613,054}{490,87} = 1,25 \approx 2 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2D25 ($A_s = 981,748$ mm²)

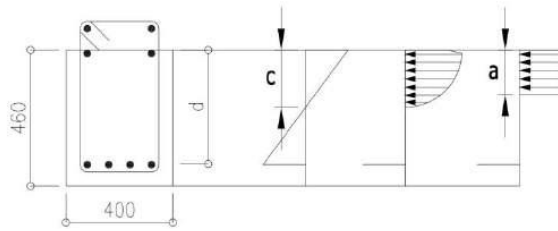
Tulangan Lentur Tekan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar $\frac{1}{2}$ dari kekuatan lentur tarik berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847-2013.

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 981,748 = 490,748 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur tekan 2 D25 ($A_s = 981,748$ mm² > A_s')

Kontrol Kapasitas Penampang:



Gambar 4.25 Diagram Tegangan BI-2 Sebelum komposit

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{981,7 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 33 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{33}{0,8} = 41,25 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left(\frac{444,5}{34,51} - 1 \right) 0,003 = 0,036$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$\phi M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 981,7 \times 400 \times \left(414,5 - \frac{1}{2} \times 33 \right) \\ &= 140664824,70 \text{ Nmm} = 140,7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Check : $\phi M_n > M_u$

$$140,7 \text{ kNm} > 19,186 \text{ kNm} \quad \mathbf{OK}$$

Penulangan Geser Sebelum Komposit

$$V_u = \frac{1}{2} q_u \times l + \frac{P_u}{2} = \frac{1}{2} \times 1972,84 \times 7,7 + \frac{265,65}{2}$$

$$V_u = 7728,259 \text{ kg} = 77,28 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 0,17 \times 1 \sqrt{35} \times 400 \times 414,5 \times 10^{-1} \\ &= 12506 \text{ kg} = 125,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kondisi 1 :

$$1/2 \phi V_c \geq V_u$$

$$62,53 \text{ kN} \geq 77,28 \text{ kN} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Maka dibutuhkan tulangan geser

Kondisi 2 :

$$1/2 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$62,53 \text{ kN} \leq 77,28 \text{ kN} \leq 125,1 \text{ kN} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Maka digunakan tulangan geser minimum

$$V_s = 0$$

$$V_{c1} = 0,333 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{c1} = 0,333 \sqrt{35} \times 400 \times 414,5 \times 10^{-2} = 3266,35 \text{ kN}$$

Kekuatan geser balok mencukupi, tidak dibutuhkan tulangan geser.

$$V_s \leq V_{c1}$$

$$0 \leq 3940,6 \text{ kN}$$

Digunakan D-13, dua kaki ($A_v = 265,5 \text{ mm}^2$) pada jarak maksimum, yang dipilih dari nilai terkecil antara:

$$s = \frac{d}{2} = \frac{414,5}{2} = 207,3 \text{ mm}$$

$$s = 600 \text{ mm}$$

Maka, digunakan jarak geser $S = 200 \text{ mm}$

Luas tulangan geser perlu :

$$A_v \text{ perlu} = \frac{b_w \times S_{pakai}}{3 \cdot f_y} = \frac{400 \times 200}{3 \cdot 400} = 66,67 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan geser D13 dengan 2 kaki

$$A_v = 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot n_{kaki}$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 2 = 265,5 \text{ mm}^2$$

Dipakai $s = 200$ mm (dipasang D13 – 200 mm)

Kontrol : $A_v \text{ pakai} > A_v \text{ perlu}$

$$265,46 > 66,67 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Tegangan

Tegangan yang terjadi pada balok saat beton berumur 14 hari:

$$f''c = 0,88 \times f'c = 0,88 \times 35 = 30,8 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f''c} \quad \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 (1) \sqrt{30,8}$$

$$f_r = 3,441 \text{ MPa}$$

Momen yang terjadi merupakan akibat kombinasi layan, maka :

$$M_+ = M_- = \frac{1}{10} \cdot qu \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{1}{10} \cdot 1130,7 \cdot \left(\frac{7,7}{2}\right)^2$$

$$M_+ = M_- = 1675,98 \text{ kgm} = 16759800,8 \text{ Nmm}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 480^3 = 3686400000 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = \frac{M c}{I} < f_r$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = \frac{16759800,8 \times 41,25}{3686400000} < f_r$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = 0,1875 < 3,44 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = 0,1875 \text{ MPa} < 3,44 \text{ MPa} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847-2013. Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 14 hari:

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{3,441 \times 3686400000}{41,25} = 307501024,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 307501024,1 \text{ Nmm} \geq M = 19186165,6 \text{ Nmm} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Lendutan

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'c} = 4700 \times \sqrt{30,8} = 26083,94 \text{ Mpa}$$

$$\Delta \leq \Delta \text{ ijin}$$

$$\frac{5 q l^4}{384 E I} \leq \frac{l}{360}$$

$$\frac{5 \times 1130,7 \times 10^2 \times 7,7^4}{384 \times 26083,94 \times 3686400000} \leq \frac{7,7}{360}$$

5,382 mm ≤ 21,3889 mm (**Lendutan Aman**)

4.5.1.4 Penulangan Lentur BI-2 Kondisi Setelah Komposit

A. Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan balok, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

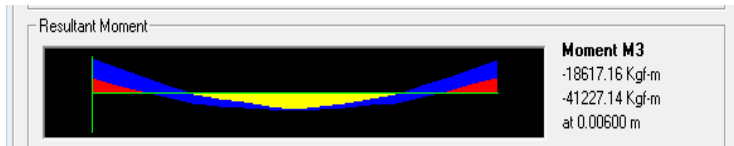
- Gaya tekan aksial terfaktor pada balok, **$P_u < A_g \cdot f'_c / 10$**
 $P_u = 247,612 \text{ kN} < \frac{(400 \times 600) \text{ mm}^2 \times 35 \text{ Mpa}}{10} = 840 \text{ kN}$ **OK**
- Bentang bersih untuk komponen struktur, **$l_n \geq 4d$**
 $d = h \text{ balok} - t - \text{senggang} - (D. \text{lentur} / 2)$
 $d = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - (25 \text{ mm} / 2)$
 $d = 524,5 \text{ mm}$
 $l_n = 6900 \text{ mm} \geq 4 \times 524,5 = 2098 \text{ mm}$ **OK**
- Lebar komponen, **$b_w \geq 0,3h$ atau 250 mm**
 $b_w = 400 \text{ mm} \geq 0,3 \times 600 = 195 \text{ mm}$ **OK**
atau $b_w = 400 \text{ mm} \geq 250 \text{ mm}$ **OK**
- Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,3
 $\frac{400}{600} = 0,667 > 0,3$ **OK**

B. Perhitungan Penulangan Lentur BI-2

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000.

• Perencanaan tulangan lentur pada tumpuan

Untuk mengantisipasi terjadinya gerakan bolak-balik saat dibebani beba lateral, Maka untuk tumpuan (-) digunakan M_u tumbuan yang terbesar. M_u tumpuan (-) = 41227,14 kgm hasil dari kombinasi beban $(1,2D+0,2Sds)D+1,3Ey+0,39Ex+1L$)



Pada perencanaan awal, nilai θ diasumsikan = 0,9 dan menggunakan 1 lapis tulangan.

$$d = 600 - 40 - 13 - \frac{1}{2}(25) = 524,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{f'c - 28}{7} \geq 0,65$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{35 - 28}{7} = 0,8 \geq 0,65$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{412271400}{0,9 \times 400 \times 524,5^2} = 4,16 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 4,16}{400}} \right) = 0,01126 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{min} yaitu 0,0037

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,0268$$

$$\text{Kontrol : } \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0037 < 0,01126 < 0,0268 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka digunakan $\rho_{\text{pakai}} = 0,01126$

Tulangan Tumpuan Lentur Tarik

Asperlu = $\rho_{pakai} \times b \times d$

$$= 0,01126 \times 400 \times 524,5 = 2362,21 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1 menetapkan As tidak boleh kurang dari

$$A_{s_{min}} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 400 \times 524,5 = 776 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 524,5}{400} = 734 \text{ mm}^2$$

Maka, As pakai = 2362,213 mm²

Digunakan tulangan D – 25 mm (A D25 = 490,87 mm²)

$$n_{tulangan} = \frac{As \text{ Pakai}}{As \text{ D25}} = \frac{2362,213}{490,87} = 4,81 \approx 5 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 5D25 (As = 2454,37 mm²) dan dipasang 2 lapis tulangan dengan spasi bersih antar tulangan diambil 40 mm.

Kontrol lebar b balok :

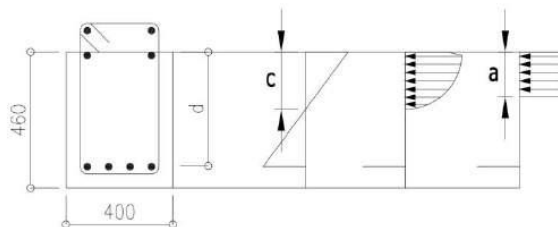
= b perlu < b balok

$$= (2 \times \text{cover}) + (2 \times \emptyset) + (3 \times D) + (2 \times 40) < 400 \text{ mm}$$

$$= (2 \times 50) + (2 \times 13) + (3 \times 25) + (2 \times 40) < 400 \text{ mm}$$

$$= 281 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Kapasitas Penampang:



Gambar 4.25 Diagram Tegangan Balok Induk

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f'c' \times b} = \frac{2154 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 82,5 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{82,5}{0,8} = 103,1 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left(\frac{524,5}{103,1} - 1 \right) 0,003 = 0,012$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$\phi M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

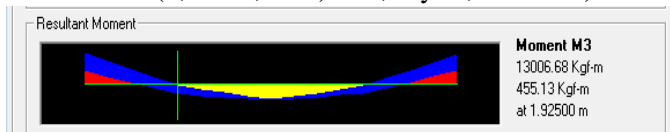
$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 2454 \times 400 \times \left(524,5 - \frac{1}{2} \times 82,5 \right) \\ &= 426986705,50 \text{ Nmm} = 426,99 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Check : $\phi M_n > M_u$

$$426,99 \text{ kNm} > 412,2714 \text{ kNm} \text{ (Memenuhi)}$$

Tulangan Tumpuan Lentur Tekan

Untuk mengantisipasi terjadinya gerakan bolak-balik saat dibebani beba lateral, Maka untuk tumpuan (+) digunakan M_u tumbuan yang terbesar. M_u tumpuan (+) = 13006,68 kgm hasil dari kombinasi beban (1,2D+0,2Sds)D+1,3Ey+0,39Ex+1L)



Pada perencanaan awal, nilai θ diasumsikan = 0,9 dan menggunakan 1 lapis tulangan.

$$d = 600 - 40 - 13 - \frac{1}{2} (25) = 524,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{f'_c - 28}{7} \geq 0,65$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{35 - 28}{7} = 0,8 \geq 0,65$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{130066800}{0,9 \times 400 \times 524,5^2} = 1,31 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 4,16}{400}} \right) = 0,00336$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{\min} yaitu 0,0037

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$\rho_{\max} = 0,0268$$

Kontrol : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

$$0,0037 < 0,00336 < 0,0268 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka digunakan $\rho_{\text{pakai}} = 0,0037$

Tulangan Lentur Tarik

$$A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,0037 \times 400 \times 524,5 = 775,746 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1 menetapkan A_s tidak boleh kurang dari

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 400 \times 524,5 = 775,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 524,5}{400} = 734 \text{ mm}^2$$

Maka, A_s pakai = 775,746 mm²

Digunakan tulangan D – 25 mm ($A_{D25} = 490,87 \text{ mm}^2$)

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_s \text{ Pakai}}{A_{D25}} = \frac{775,746}{490,87} = 1,58 \approx 3 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3D25 ($A_s = 1472,62 \text{ mm}^2$) dan dipasang 1 lapis tulangan dengan spasi bersih antar tulangan diambil 40 mm.

Kontrol lebar b balok :

$$= b_{\text{perlu}} < b_{\text{balok}}$$

$$\begin{aligned}
 &= (2 \times \text{cover}) + (2 \times \emptyset) + (3 \times D) + (2 \times 40) < 400 \text{ mm} \\
 &= (2 \times 50) + (2 \times 13) + (3 \times 25) + (2 \times 40) < 400 \text{ mm} \\
 &= 281 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \text{ (**Memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kapasitas Penampang:

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1472,62 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 49,50 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{49,5}{0,8} = 61,87 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$\varepsilon_t = \left(\frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left(\frac{524,5}{61,87} - 1 \right) 0,003 = 0,022$$

Dipakai $\emptyset = 0,9$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset M_n &= 0,9 \times 1472,62 \times 400 \times \left(524,5 - \frac{1}{2} \times 49,50 \right) \\
 &= 264939374,89 \text{ Nmm} = 264,94 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Check : $\emptyset M_n > M_u$

$$264,94 \text{ kNm} > 130,0668 \text{ kNm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

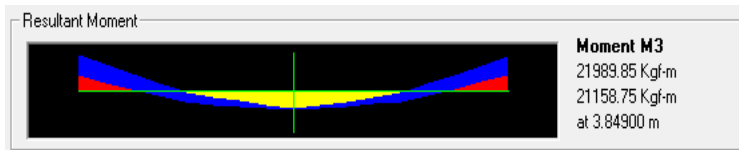
Persyaratan lentur berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847-2013 :
Kuat lentur positif komponen struktur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut, Maka nilai $\emptyset M_n^+ > 1/2 \emptyset M_n^-$

$$264,94 \text{ kNm} > 1/2 \times 427$$

$$264,94 \text{ kNm} > 213,5 \text{ kNm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

• Perencanaan tulangan lentur daerah Lapangan

Untuk mengantisipasi terjadinya gerakan bolak-balik saat dibebani beba lateral, Maka untuk tumpuan (+) digunakan M_u tumpuan yang terbesar. M_u tumpuan (+) = 21989,85 kgm hasil dari kombinasi beban (1,2D+0,2Sds)D+1,3Ey+0,39Ex+1L)



Pada perencanaan awal, nilai θ diasumsikan = 0,9 dan menggunakan 1 lapis tulangan.

$$d = 600 - 40 - 13 - \frac{1}{2} (25) = 524,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3})$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{f'_c - 28}{7} \geq 0,65$$

$$= 0,85 - 0,05 \times \frac{35 - 28}{7} = 0,8 \geq 0,65$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{219898500}{0,9 \times 400 \times 524,5^2} = 2,22 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 4,16}{400}} \right) = 0,00578 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{400} = 0,0037$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{min} yaitu 0,0037

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times 0,85 \times 0,8 \times \frac{35}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,0268$$

$$\text{Kontrol : } \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0037 < 0,00578 < 0,0268 \text{ (Memenuhi)}$$

Maka digunakan $\rho_{\text{pakai}} = 0,00578$

Tulangan Lentur Tarik Pada Daerah Lapangan

Asperlu = $\rho_{pakai} \times b \times d$

$$= 0,01126 \times 400 \times 524,5 = 1211,63 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps. 10.5.1 menetapkan As tidak boleh kurang dari

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{35}}{400} \times 400 \times 524,5 = 776 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 524,5}{400} = 734 \text{ mm}^2$$

Maka, As pakai = 1211,635 mm²

Digunakan tulangan D – 25 mm (A D25 = 490,87 mm²)

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s \text{ Pakai}}}{A_{s \text{ D25}}} = \frac{1211,635}{490,87} = 2,47 \approx 3 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3-D25 (As = 1472,62 mm²) dan dipasang 1 lapis tulangan dengan spasi bersih antar tulangan diambil 40 mm.

Kontrol lebar b balok :

= b perlu < b balok

$$= (2 \times \text{cover}) + (2 \times \emptyset) + (3 \times D) + (2 \times 40) < 400 \text{ mm}$$

$$= (2 \times 50) + (2 \times 13) + (3 \times 25) + (2 \times 40) < 400 \text{ mm}$$

$$= 281 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \text{ (**Memenuhi**)}$$

Kontrol Kapasitas Penampang:

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{1473 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 49,5 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{49,5}{0,8} = 61,87 \text{ mm}$$

- Regangan tarik

$$\epsilon_t = \left(\frac{d}{c} - 1 \right) 0,003 = \left(\frac{524,5}{103,1} - 1 \right) 0,003 = 0,012$$

Dipakai $\emptyset = 0,9$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \times 1473 \times 400 \times \left(524,5 - \frac{1}{2} \times 49,5 \right)$$

$$= 264939374,89 \text{ Nmm} = 264,9 \text{ kNm}$$

Check : $\phi M_n > M_u$

$$264,9 \text{ kNm} > 219,8985 \text{ kNm} \text{ (Memenuhi)}$$

Tulangan Lentur Tarik Pada Daerah Lapangan

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 1/2 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan pasal 21.5.2.2 SNI 2847-2013.

$$A_s' = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 1211,635 = 605,817 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur tekan 2-D25 ($A_s = 981,748 \text{ mm}^2$)

Kontrol Tegangan

Tegangan yang terjadi pada balok saat beton berumur 28 hari:

$$f''c = f'c = 35 \text{ MPa}$$

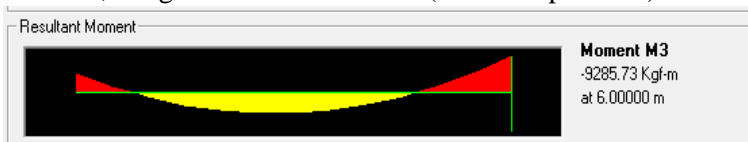
$$f_r = 0,62 \lambda \sqrt{f''c} \quad \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$f_r = 0,62 (1) \sqrt{35}$$

$$f_r = 3,67 \text{ MPa}$$

Momen yang terjadi merupakan akibat kombinasi layan, maka :

$$M = 9285,73 \text{ kgm} = 92857300 \text{ Nmm} \text{ (Hasil Output SAP)}$$



$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 = 720000000 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = \frac{M c}{I} < f_r$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = \frac{92857300 \times 103,1}{720000000} < f_r$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = 1,33 < 3,67 \text{ Mpa} \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Momen Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847-2013.

Momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 28 hari:

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = \frac{3,67 \times 720000000}{103,1} = 256091557,9 \text{ Nmm}$$

$$\text{Syarat} = M_{cr} > M_u$$

$$= 256091557,9 \text{ Nmm} > 92857300 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Lendutan

$$\Delta = 13,64 \text{ mm (Hasil Output SAP)}$$

$$\Delta \leq \Delta \text{ ijin}$$

$$13,64 \leq \frac{l}{360}$$

$$13,64 \leq \frac{7700}{360}$$

$$13,64 \leq 21,39 \text{ mm (Lendutan Aman)}$$

4.5.1.5 Penulangan Geser BI-2

Menurut SNI-2847-2013 pasal 21.3.3.1 bahwa gaya geser rencana V_u harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum, M_n harus dianggap bekerja pada muka tumpuan dan komponen tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya.

Nilai Gaya Geser Rencana pada Balok:

Jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan akibat beban gravitasi terfaktor.

$$V_{ki} = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{L_n} + \frac{q_u \times L_n}{2}$$

$$V_{ka} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{L_n} - \frac{q_u \times L_n}{2}$$

Nilai M_{pr} dihitung sebagai berikut :

- Untuk tulangan 5-D25 di sisi atas

$$a = \frac{A_s \times 1,25 f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2454,37 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 103,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^- &= A_s \times (1,25 f_y) \times (d - a/2) \\ &= 2454,369 \times (1,25 \times 400) \times (524,5 - 103,1/2) \\ &= 580381779,1 \text{ Nmm} = 580,3818 \text{ kNm} \end{aligned}$$

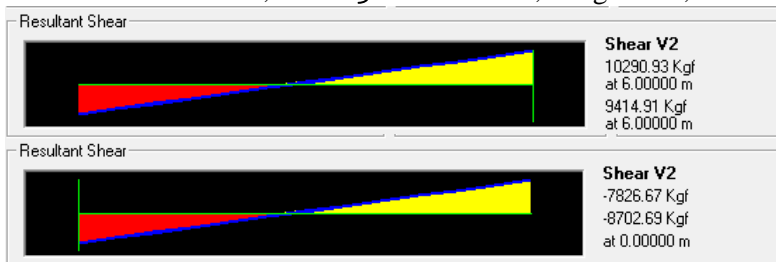
- Untuk tulangan 3-D25 di sisi bawah

$$a = \frac{A_s \times 1,25 f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{1472,62 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 35 \times 400} = 61,87 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Mpr^+ &= As \times (1,25fy) \times (d-a/2) \\
 &= 1472,622 \times (1,25 \times 400) \times (524,5 - 61,87/2) \\
 &= 363415441,7 \text{ Nmm} = 363,4154 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Dengan q_u merupakan beban akibat kombinasi 1,2D+1L. Sehingga $q_u \times L_n/2$ dapat dianggap sebagai V_u akibat kombinasi 1,2D+1L pada SAP 2000.

Nilai $V_u \text{ max} = 10290,93 \text{ kg}$ } Dipakai nilai yang terbesar
 Nilai $V_u \text{ min} = -7826,67$ } $V_u = 10290,93 \text{ kg} = 102,9 \text{ kN}$



Gambar : Gaya Geser Tumpuan Ultimate

$$\begin{aligned}
 V_{ki} &= \frac{Mpr^- + Mpr^+}{Ln} + \frac{q_u \times Ln}{2} \\
 &= \frac{Mpr^- + Mpr^+}{Ln} + V_u \\
 &= \frac{580,3818 + 363,4154}{7,7} + 102,9093 = 225,48 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{ka} &= \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{Ln} - \frac{q_u \times Ln}{2} \\
 &= \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{Ln} + V_u \\
 &= \frac{363,4154 - 580,3818}{7,7} - 102,9093 = 19,6618 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka nilai V_u pakai adalah = 225,48 kN

Tulangan Geser Tumpuan :

$$V_c = 0$$

$$V_u = \emptyset V_s + \emptyset V_c$$

$$= \emptyset V_s + 0$$

$$V_s = V_u / \emptyset = 102,9093 / 0,75 = 137,2124 \text{ kN}$$

$$V_s < 0,66 \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$137,21 < 819,1877 \text{ (OKE, Penampang Mencukupi)}$$

Jika dipakai sengkang tertutup dengan diameter 13 mm (2 kaki).
Maka jarak antar sengkang adalah :

$$S = \frac{A_s \times f_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{2 \times 132,7 \times 400 \times 524,5}{137,21 \times 10^3} = 405, \text{ mm}$$

Jarak maksimum sengkang tertutup sepanjang 2h (2x600 = 1200 mm) tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

- $d/4 = 524,5/4 = 131,1 \text{ mm}$
- $6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Sehingga dapat dipasang sengkang tertutup 2D13-100 mm hingga sepanjang 1200 mm dari muka tumpuan. Dan sengkang tertutup pertama sejarak 50 mm dari muka tumpuan.

Tulangan Geser Lapangan :

Tulangan geser lapangan dipasang mulai pada Jarak 1200 mm dari muka tumpuan hingga di lapangan, gaya geser sebesar yang bekerja yaitu :

$$V_u = 16063 \text{ kg} = 160,63 \text{ kN (Hasil Output SAP)}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times bw \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{35} \times 400 \times 524,5 \times 10^{-3} = 211 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= V_u / \phi - V_c \\ &= 160,63 / 0,75 - 211 = 3,177 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = 0,33 \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$$

$$3,177 = 0,333 \times \sqrt{35} \times 400 \times 524,5 \times 10^{-3}$$

$$3,177 = 40,960 \text{ kN (Memenuhi)}$$

Jika digunakan db = 13 mm (2 kaki), Maka jarak ditentukan dari nilai yang terkecil antara :

- $s_1 = A_v \times F_{yt} \times d / V_s$
 $= 2 \times 132,7 \times 400 \times (524,5 / 3,177) = 1753,07 \text{ mm}$

- $s_2 = d/2 = 524,5/2 = 262,3 \text{ mm}$
- $s_3 = Av \times \frac{F_{yt}}{0,35 b w} = 2 \times 132,7 \times \frac{400}{0,35 \times 400} = 758,47 \text{ mm}$
- $s_4 = 600 \text{ mm}$

Digunakan jarak tulangan sengkang $S = 200 \text{ mm}$

Sehingga tulangan sengkang daerah lapangan 2D13-200 mm

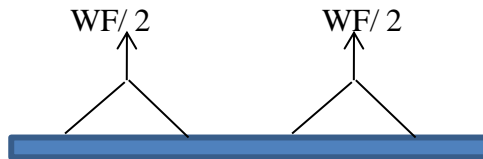
4.5.1.6 Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan

Balok anak dibuat secara pracetak di pabrik. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Tempat pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.

Pengangkatan pelat pracetak dilakukan dengan 4 titik angkat pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$f_{ci} (3 \text{ hari}) = 0,46 \times 35 \text{ Mpa} = 16 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \times \sqrt{16} = 2,8 \text{ Mpa}$$



Beban yang bekerja pada balok anak pada waktu pengangkatan :

$$\text{Berat sendiri (w)} = 0,47 \times 8,4 \times 2400 = 9475,2 \text{ kg/m}$$

Perhitungan momen sesuai *PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete*, fig. 8.3.1 Terdapat 4 titik Angkat Untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan factor akibat *handling and erection* sebesar 1.2 :

$$My = M_{+(lap)} = M_{-(tump)} = (0,0027 w x a x b^2) x 1,2$$

$$My = (0,0027 \times 9475,2 \times 0,4 \times 8,4^2) \times 1,2$$

$$My = 866,46 \text{ kgm}$$

- Menghitung momen tahanan

$$Wt = \frac{1}{6} x b x h^2 = \frac{1}{6} x 300 x 470^2 = 1,47 \times 10^7 \text{ mm}^3$$

- Kontrol Tegangan

$$\phi_+ = \frac{Mx.total}{Wx} = \frac{866,46 \times 10^4}{1,47 \times 10^7} = 0,588 \text{ MPa} < fr = 2,8 \text{ MPa}$$

(memenuhi)

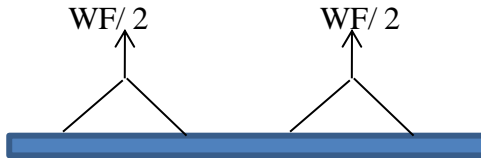
4.5.1.7 Perhitungan Tulangan Angkat dan Strand

Beban Mati :

$$1. \text{ Berat balok pracetak} = 0,4 \times 0,47 \times 8,4 \times 2400 = 4548,1 \text{ kg}$$

$$\text{Beban Ultimate} = 1,2 \text{ Qd}$$

$$= 1,2 (4548) = 5458 \text{ kg}$$



Sesuai *PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete*, fig. 8.3.4 Terdapat 4 titik Angkat dan terdapat sudut pengangkatan sebesar 45° sehingga harus dikalikan faktor $F = 1,41$

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = T = \frac{W.F}{2} = \frac{5458 \text{ kg}}{4} \times 1,41 = 1924 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847 -2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (f_s) diambil sebesar $2/3 f_y$.

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \times 390 = 260 \text{ MPa} = 2600 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{sperlu} = \frac{P}{f_s} = \frac{1924 \text{ kg}}{2600 \text{ kg/cm}^2} = 0,74 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat $D13 \text{ mm}$

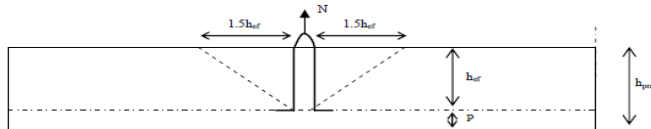
As.pakai = $132,66 \text{ mm}^2 = 1,326 \text{ cm}^2 > 0,74 \text{ cm}^2$ (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan angkat $D13 \text{ mm}$

Menurut SNI 2847:2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($k_c=10$, angkur cor di dalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f'_c}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{54580}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 94,76 \text{ mm}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dipasang sedalam 100 mm dari permukaan balok anak pracetak.



Gambar 3 Pengangkuran Tulangan Angkat Balok Anak

Menurut PCI precast and prestressed concrete 7th figure 6.5.1 panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari,

$$de = \frac{hef}{\tan 35^\circ} = \frac{100}{\tan 35^\circ} = 142 \text{ mm}$$

$$de = 1,5 hef = 1,5 \times 100 = 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan $de = 150 \text{ mm}$

- Menghitung kebutuhan strand
 $P = 1924 \text{ kg}$ (beban 1 titik angkat)

Berdasarkan *PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete* tabel design aid 15.3.1 material properties prestressing strand and wire, maka digunakan seven wire strand dengan spesifikasi seperti dibawah ini :

$$\begin{aligned}\text{Diameter} &= \frac{1}{4} \text{ in} &= 6,35 \text{ mm} \\ \text{Fpu} &= 250 \text{ ksi} &= 1724 \text{ Mpa} \\ \text{A} &= 0,036 \text{ in}^2 &= 23,36 \text{ mm}^2 \\ \text{Fstrand} &= 1724 \times 23,23 &= 4003,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka gaya yang dipikul 1 strand = $4003,8 / 2 = 2001,9 \text{ kg}$

Kontrol : $P < \text{Fstrand}$

$$1924 \text{ kg} < 2001,9 \text{ kg} \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai seven wire strand diameter $\frac{1}{4} \text{ in}$ ($f_{pu}=250\text{ksi}$)

4.5.1.8 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

Penumpukan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$f_{ci} (3 \text{ hari}) = 0,46 \times 35 \text{ Mpa} = 16 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \times \sqrt{16} = 2,8 \text{ Mpa}$$



Pada saat penumpukan ditambahkan koefisien beban = 1,2 sehingga berat sendiri pelat

$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,47 \times 2400) = 541,4 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 100 \text{ kg} = 160 \text{ kg}$$

$$W = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$= \frac{1}{6} \times 400 \times 470^2 = 1,47 \times 10^7 \text{ mm}^3$$

$$0,6 L = 0,6 \times 8,4 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M.lap &= \left(\frac{1}{10} \times Qd \times 0,5L^2 \right) + (0,25 \times Pu \times 0,5L) \\
 &= \left(\frac{1}{10} \times 541,4 \times 4,2^2 \right) + (0,25 \times 160 \times 4,2) = 1123 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M.lap = 1123 \times 1,5 = 1684,7 \text{ kgm} = 1684,7 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M.tump &= \left(\frac{1}{8} \times Qd \times 0,6L^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 415,2 \times 5^2 \right) = 1719 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M.tump = 1719 \times 1,5 = 2579 \text{ kgm} = 2579 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}
 \phi_{lap} &= \frac{M.lap}{W} = \frac{1684,7 \times 10^4}{1,47 \times 10^7} = 1,14 \text{ MPa} < fr = 2,8 \text{ MPa} \\
 &\hspace{15em} (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_{tump} &= \frac{M.tump}{W} = \frac{2579 \times 10^4}{1,47 \times 10^7} = 1,75 \text{ MPa} < fr = 2,8 \text{ MPa} \\
 &\hspace{15em} (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Kontrol Jumlah Penumpukan

Digunakan penyangga dari kayu 5/10

Luas bidang kontak, $A = 0,05 \times 3 = 0,15 \text{ m}^2$

$$= 150000 \text{ mm}^2$$

$P = 1,2 (0,4\text{m} \times 0,47\text{m} \times 8,4\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3) + 1,6 (200 \text{ kg})$

$$= 4868 \text{ kg} = 48680 \text{ N}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{48680}{150000} = 0,32 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah penumpukan} &= \frac{fr}{f \times SF} = \frac{2,8}{0,32 \times 3} = 2,91 \\
 &\approx 3 \text{ tumpukan}
 \end{aligned}$$

4.5.1.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan dengan 4 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 0,70 \times 35 \text{ Mpa} = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \times \sqrt{25} = 3,5 \text{ Mpa}$$

Pada saat penumpukan ditambahkan koefisien beban = 1,2 sehingga berat sendiri pelat

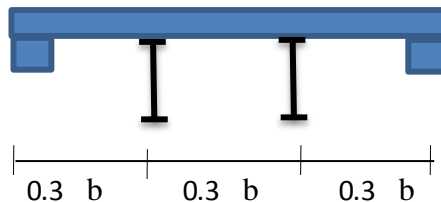
$$Q_d = 1,2 (0,40 \times 0,47 \times 2400) = 541,4 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 100 \text{ kg} = 160 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 \times b \times h^2$$

$$= 1/6 \times 400 \times 470^2 = 1,47 \times 10^7 \text{ mm}^3$$

$$1/3 L = 1/3 \times 8,4 \text{ m} = 2,8 \text{ m}$$



Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen :

$$M_{lap} = \left(\frac{1}{8} \times Q_d \times 1/3 L^2 \right) + (0,25 \times P_u \times 1/3 L)$$

$$= \left(\frac{1}{10} \times 541,4 \times 2,8^2 \right) + (0,25 \times 160 \times 2,8) = 530,6 \text{ kgm}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M_{lap} = 530,6 \times 1,5 = 795,9 \text{ kgm} = 795,9 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_{lap} = \frac{M_{lap}}{W} = \frac{795,9 \times 10^4}{1,47 \times 10^7} = 0,54 \text{ MPa} < f_r = 3,5 \text{ MPa}$$

(memenuhi)

4.5.1.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran (Sesudah Komposit)

Pengecoran pelat pracetak dilakukan dengan 4 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 0,70 \times 35 \text{ Mpa} = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \times \sqrt{25} = 3,5 \text{ Mpa}$$

Pada saat pemasangan ditambahkan koefisien beban = 1,2 sehingga berat sendiri pelat

$$\text{Berat Balok} = 1,2 (0,40 \times 0,6 \times 2400) = 691,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Pelat} = 1,2 (0,13 \times 2,8 \times 2400) = 1048 \text{ kg/m} +$$

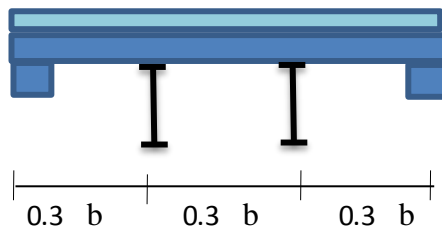
$$Q_d = 1739,2 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 100 \text{ kg} = 160 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 \times b \times h^2$$

$$= 1/6 \times 400 \times 470^2 = 1,47 \times 10^7 \text{ mm}^3$$

$$1/3 L = 1/3 \times 8,4 \text{ m} = 2,8 \text{ m}$$



Asumsi saat pemasangan pelat pracetak menggunakan scaffolding ditengah bentang, sehingga perhitungan momen :

$$M_{lap} = \left(\frac{1}{10} \times Q_d \times 1/3 L^2 \right) + (0,25 \times P_u \times 1/3 L)$$

$$= \left(\frac{1}{10} \times 1739,2 \times 2,8^2 \right) + (0,25 \times 160 \times 2,8) = 760,87 \text{ kgm}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M_{lap} = 760,87 \times 1,5 = 1141,3 \text{ kgm} = 1141,3 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M.tump &= \left(\frac{1}{8} \times Qd \times L^2 \right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 1739,2 \times 2,8^2 \right) = 811,3 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor Kejut = 1,5

$$M.tump = 811,3 \times 1,5 = 1216,8 \text{ kgm} = 1216,8 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

- Kontrol Tegangan

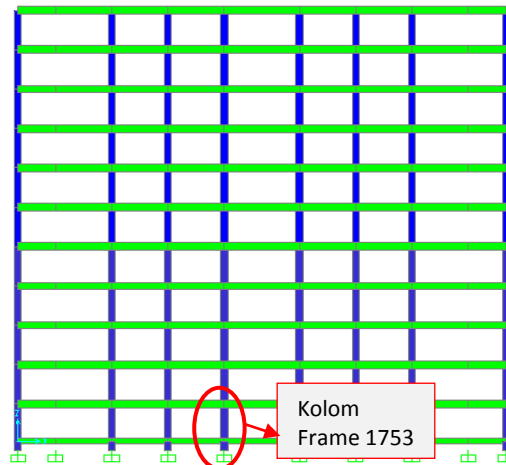
$$\sigma_x = \frac{M.lap}{W} = \frac{1141,3 \times 10^4}{1,47 \times 10^7} = 0,775 \text{ MPa} < fr = 3,5 \text{ MPa}$$

(memenuhi)

$$\sigma_y = \frac{M.tump}{W} = \frac{1216,8 \times 10^4}{1,47 \times 10^7} = 0,826 \text{ MPa} < fr = 3,5 \text{ MPa}$$

(memenuhi)

4.5.2 Desain Struktur Kolom



Gambar 4. 13. Kolom yang ditinjau

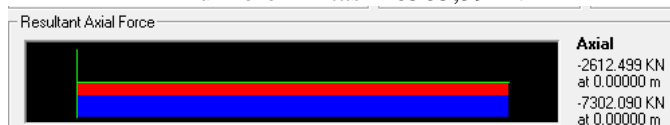
Data Perencanaan:

Tinggi kolom	= 4,0 m = 4000 mm
Dimensi kolom	= 750 mm x 750 mm
Mutu beton	= 35 Mpa
Mutu baja f_y	= 400 Mpa
Diameter Tulangan Lentur	= D25mm
Diameter Tulangan Geser	= D13 mm

Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada kolom adalah sebagai berikut:



Pu Kolom Atas = 6583,59kN



Pu Kolom Design= 7302,09 kN

4.5.2.1 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan kolom, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada kolom, $P_u > A_g \cdot f'_c / 10$

$$P_u = 7302,09 \text{ kN} > \frac{(750 \times 750) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ Mpa}}{10} = 1968,7 \text{ kN (OKE)}$$

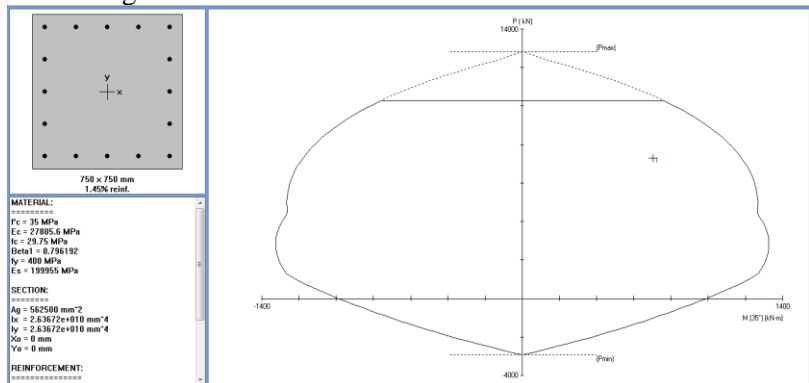
- b. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari **300 mm**
Sisi terpendek kolom = 750 mm \geq 300 mm (OKE)

- c. Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,4

$$\frac{750}{750} = 1,0 > 0,4 \quad (\text{OKE})$$

4.5.2.2 Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu SPColoumn dan diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 4. 14. Diagram Interaksi pada Program SPColoumn

Didapatkan konfigurasi penulangan 16-D25 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 1,45$ atau 0,0145 sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06$ telah terpenuhi.

4.5.2.3 Cek Syarat “*Strong Coloumn Weak Beam*”

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb}$, dimana perhitungannya sebagai berikut:

a. Menentukan nilai $\sum M_{nb}$:

- Menentukan lebar efektif balok

Lebar balok (bw) = 300 mm

Tinggi balok (hw) = 800 mm

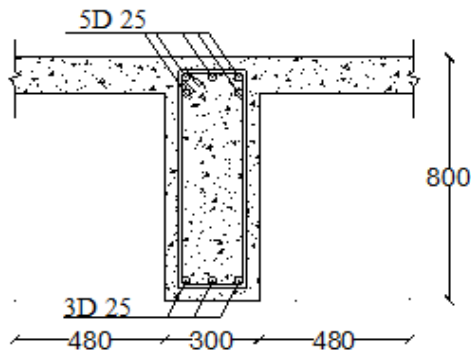
Tebal pelat (hf) = 120 mm

be = bw + 8 hf = 300 mm + 8 . 120 mm = 1260 mm

be = bw + 2 hw = 300 mm + 2 . 800 mm = 1900 mm

Dipilih nilai terkecil, maka: be = 1260 mm.

- Menghitung tinggi efektif



Gambar Penampang Balok dan Pelat untuk Menentukan Tinggi Efektif

As tul. lentur atas balok = 5D25 = 2454,37 mm²

As tul. lentur bawah balok = 3D25 = 1472,62 mm²

Luas tul. atas (As tarik) = As tarik balok + As pelat

$$= 2454,37 \text{ mm}^2 + \left(2 \times 4 \times \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10 \text{ mm})^2 \right) = 3082,69 \text{ mm}^2$$

$$y = \frac{2454,37 \cdot \left(40 + 13 + 25 + \frac{25}{2}\right) + \left(4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 10^2\right) \cdot \left(25 + \frac{13}{2}\right) + \left(4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 10^2\right) \left(120 - 25 - \frac{13}{2}\right)}{3082,69}$$

$$y = 84,28 \text{ mm}$$

$$d \text{ tekan} = h - y = 800 \text{ mm} - 84,28 \text{ mm} = 715,72 \text{ mm}$$

$$d \text{ tarik} = h - t - \text{sengkan} - d. \text{ lentur} - d. \text{ lentur}/2$$

$$d \text{ tarik} = 800 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm}/2$$

$$d \text{ tarik} = 709,5 \text{ mm}$$

- Menentukan M_{nb}^- dan M_{nb}^+

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 110 \text{ mm}$$

$$Mnb^- = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2}\right)$$

$$Mnb^- = 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(709,5 \text{ mm} - \frac{110 \text{ mm}}{2}\right)$$

$$M_{nb}^- = 578298599 \text{ N.mm} = 578,29 \text{ kN.m}$$

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1472,62 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm}} = 65,99 \text{ mm}$$

$$Mnb^+ = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2}\right)$$

$$Mnb^+ = 1472,62 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa} \cdot \left(715,72 \text{ mm} - \frac{65,99 \text{ mm}}{2}\right) M_{nb}^+$$

$$= 358642295 \text{ N.mm} = 358,64 \text{ kN.m}$$

$$\text{Maka } \sum M_{nb} = Mnb^- + Mnb^+ = 578,29 \text{ kN} + 358,64 \text{ kN}$$

$$\sum M_{nb} = 936,94 \text{ kN}$$

$$1,2 \cdot \sum M_{nb} = 1,2 \times 936,94 \text{ kN} = 1124,33 \text{ kN}$$

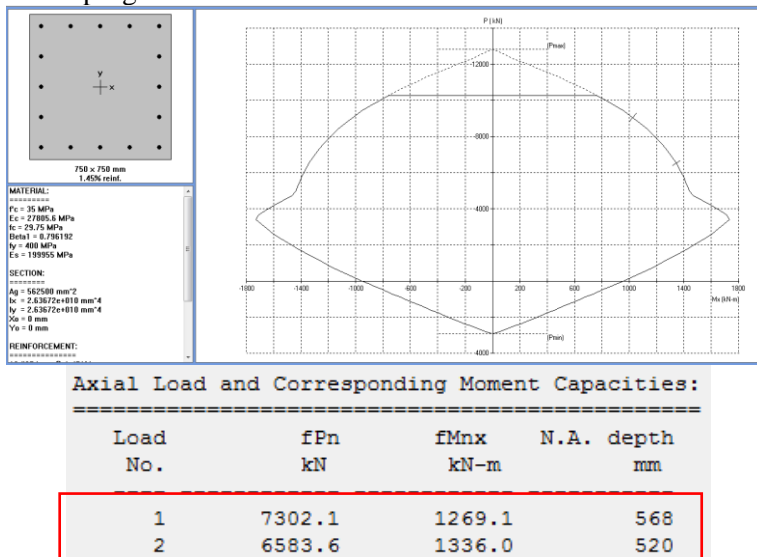
b. Menentukan nilai $\sum M_{nc}$:

Untuk menentukan nilai M_{nc} , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah (yang ditinjau) dengan program bantu SpColoumn. Untuk gaya-gaya kolom atas yang terjadi adalah sebagai berikut:

Pu Kolom Atas = 6583,59 kN

Pu Kolom Desain = 7302,09 kN

Berikut hasil diagram interaksi kolom desain dan kolom atas dari program PcaColoumn:



Gambar 4. 15. Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain

Dari gambar diatas, didapatkan nilai M_{nc} kolom design dan M_{nc} kolom atas yakni:

M_{nc} kolom design = 1269,1kN.m

M_{nc} kolom atas = 1336,0kN.m

$$\sum M_{nc} = M_{nc_bawah} + M_{nc_atas}$$

$$\sum M_{nc} = 1269,1 \text{ kN.m} + 1336,0 \text{ kN.m} = 2605,1 \text{ kN.m}$$

Maka dilakukan cek syarat $\sum M_{nc} \geq 1,2 \cdot \sum M_{nb}$
 $2605,1 \text{ kN.m} \geq 1124,33 \text{ kN.m}$ (Memenuhi)
 Maka syarat “*strong coloumn weak beam*” telah terpenuhi.

4.5.2.4 Perhitungan Tulangan Transversal sebagai *Confinement*

- a. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*) . Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom dengan ℓ_0 merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1:

- Tinggi komponen struktur pada muka joint, $h = 750 \text{ mm}$
- $1/6$ bentang bersih komponen struktur

$$\frac{1}{6} \cdot \ell_n = \frac{1}{6} \cdot (4000\text{mm} - 800\text{mm}) = 533,33 \text{ mm}$$

- 450mm

Maka digunakan yang paling besar, yakni $\ell_0 = 750 \text{ mm}$

- b. Tentukan spasi maksimum *hoop*, s_{\max} pada daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{\max} merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.3:

- $1/4$ dimensi komponen struktur minimum:

$$1/4 \cdot 750 \text{ mm} = 187,5 \text{ mm}$$

- $6 \times db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- Nilai s_0 , dimana: $s_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$

$$h_x = 2/3 \times (750 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm}) = 429,33 \text{ mm}$$

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot 429,33\text{mm}}{3} \right) = 73,56 \text{ mm}$$

Namun, nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm

Sehingga $s_0 = 100 \text{ mm}$

Maka diambil nilai yang terkecil yakni $s_{\max} = 100 \text{ mm}$

c. Penentuan luas tulangan *confinement*

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, untuk daerah sepanjang ℓ_0 dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned} b_c &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)} \\ &= b_w - 2 \times (t + 0,5 \cdot d_b) \\ &= 750 - 2 \times (40\text{mm} + 0,5 \cdot 13\text{mm}) = 657 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= \text{luas penampang inti beton} \\ &= (b_w - 2 \cdot t) \times (b_w - 2 \cdot t) \\ &= (750 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm}) \times (750 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm}) \\ &= 448.900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$A_{sh1} = 0,3 \cdot \left(\frac{100\text{mm} \cdot 657\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} \right) \cdot \left(\frac{750\text{mm} \cdot 750\text{mm}}{448.900\text{mm}^2} - 1 \right)$$

$$A_{sh1} = 436,438\text{mm}^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100\text{mm} \cdot 657\text{mm} \cdot 35\text{Mpa}}{400\text{Mpa}} = 517,387\text{mm}^2$$

Maka dipakai yang terbesar yakni $A_{sh} = 517,387 \text{ mm}^2$

Digunakan sengkang (*hoop*) 4 kaki D13-100 disepanjang ℓ_0 :

$$A_{sh} = 4 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \right) = 530,93\text{mm}^2 > 517,387 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi ℓ_0 di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum yakni:

- $6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- 150 mm

Maka dipakai yang terkecil yakni $s = 150 \text{ mm}$

Sehingga digunakan spasi 4D13-150 untuk daerah diluar ℓ_0 .

4.5.2.5 Perhitungan Gaya Geser Desain (V_e)

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (i) dan (ii) dimana V_e tidak perlu lebih besar dari nilai (i), dan harus melebihi nilai (ii):

$$\text{i. } V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{prb_atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{\text{prb_bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{\ell_n}$$

ii. V_u hasil analisis struktur

a. Menghitung V_{sway}

Untuk nilai V_{sway} didapatkan dari nilai M_{pr} tulangan balok terpasang yang telah diketahui dari perhitungan balok sebelumnya yakni:

Dimana: $DF_{\text{atas}} = 0,51$ dan $DF_{\text{bawah}} = 0,49$

Karena kolom lantai atas dan kolom lantai bawah (desain) mempunyai kekakuan yang sama, maka:

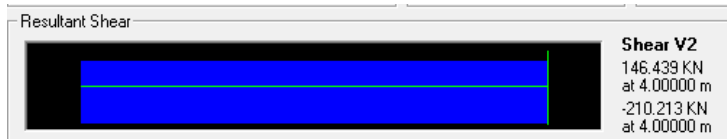
$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{prb_atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{\text{prb_bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{\ell_n}$$

$$V_{\text{sway}} = \frac{1327,45 \text{ kN.m} \times 0,51 + 1327,45 \times 0,49 \text{ kN.m}}{3,25 \text{ m}}$$

$$V_{\text{sway}} = 408,44 \text{ kN}$$

b. Hitung V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur (menggunakan program bantu SAP 2000 v.14).

Dari program SAP 2000 v.14, didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yakni sebesar:



$$V_u = 210,21 \text{ kN}$$

c. Kontrol

- Nilai V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} , sehingga digunakan nilai $V_e = 408,44 \text{ kN}$
- Nilai V_u harus lebih besar dari V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur dimana
 $408,44 \text{ kN} > 210,21 \text{ kN}$ (OKE)

d. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2, kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- Apabila nilai $V_e > \frac{1}{2} V_u$
 $408,44 \text{ kN} > 210,21 \text{ kN} / 2$
- Apabila $P_u > \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$

$$\frac{(750 \text{ mm} \cdot 750 \text{ mm}) \cdot 35 \text{ Mpa}}{20} = 984,375 \text{ kN}$$

$$P_u = 7302,09 \text{ kN} > 984,375 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

Karena kedua nilai tersebut terpenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$d = 750 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 684,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 750 \text{ mm} \cdot 684,5 \text{ mm} = 506194,6 \text{ N}$$

$$= 506,19 \text{ kN}$$

e. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana.

- Cek apakah dibutuhkan tulangan geser:

$$\frac{Vu}{\phi} > \frac{1}{2} V_c$$

$$\frac{408,44}{0,75} = 544,59kN > \frac{1}{2} \times 506,19 = 253,1kN$$

Karena $\frac{Vu}{\phi} > \frac{1}{2} V_c$, maka perlu tulangan geser.

- Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

$$\frac{Vu}{\phi} > V_c + \frac{1}{3} . b_w . d$$

$$\frac{456,65}{0,75} > 506,19 + \frac{1}{3 \times 10^3} . 750 . 684,5$$

$$544,59kN < 677,32kN$$

Karena $\frac{Vu}{\phi} < V_c + \frac{1}{3} . b_w . d$, sehingga hanya diperlukan tulangan geser minimum.

$$A_{v-\min} = \frac{1}{3} . \frac{b_w . s}{f_y}$$

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confinement **4 kaki D13-100**, maka:

$$A_{v-\min} = \frac{1}{3} . \frac{750 . 100}{400} = 62,5 \text{ mm}^2$$

Sementara itu Ash untuk **4 kaki D13-100**:

$$A_s = 530,93 \text{ mm}^2 > A_{v-\min} = 62,5 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Karena $A_s > A_{v-\min}$ dan $V_s < V_s$ desain, maka persyaratan kekuatan geser terpenuhi.

Sehingga tulangan transversal penahan geser tidak perlu diperhitungkan dan digunakan hasil perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement* yakni **4D13 -100**.

4.5.2.6 Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang

digunakan menurut SNI 2847-2013 pasal 12.15.1 tergolong kelas B. Dimana:

- Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3 \cdot \ell d$.
- Untuk baja tulangan dengan D-25mm,

$$\ell d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot db \text{ (Tabel SNI 2847-2013 pasal 12.2.2)}$$

Dimana: $d_b = 25 \text{ mm}$

$$\psi_t = 1,0$$

$$\psi_s = 1,0$$

$$\psi_e = 1,0$$

$$\lambda = 1,0$$

$$\ell d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 992,29 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

$$1,3 \cdot \ell d = 1,3 \times 1000 \text{ mm} = 1300 \text{ mm} \approx 1300 \text{ mm}$$

Jadi digunakan sambungan lewatkan sepanjang 1,3 m.

4.5.3 Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)

- a. Cek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.2.3)

$$b = h = 750 \text{ mm}$$

$$20 \cdot d_b = 20 \cdot 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 750 \text{ mm (OKE)}$$

- b. Menentukan luas efektif joint, A_j

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1

Lebar balok, $b = 300 \text{ mm}$

Tinggi kolom, $h = 750 \text{ mm}$

$$x = (750 \text{ mm} - 300 \text{ mm}) / 2 = 225 \text{ mm}$$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom, $h = 750 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

- $b + h = 300 \text{ mm} + 750 \text{ mm} = 1050 \text{ mm}$

- $b + 2x = 300 + 2 \cdot 225 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$

Maka A_j = tinggi joint x lebar efektif joint

$$A_j = 750 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} = 562.500 \text{ mm}^2$$

c. Hitung tulangan transversal untuk *confinement*

Untuk joint interior, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2, spasi vertikal tulangan *confinement* diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{A_{sh}}{s} \text{ joint} = 0,5 \cdot \frac{A_{sh}}{s} \text{ kolom} = 0,5 \cdot \frac{530,93 \text{ mm}^2}{100 \text{ mm}}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sh} = 2,65 \text{ mm}^2 / \text{mm} \cdot s = 2,65 \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot 150 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 398,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai sengkang 2 kaki D16} = 402,1 \text{ mm}^2$$

d. Hitung gaya geser pada joint

- Hitung M_e

Balok yang memasuki joint, memiliki:

$$M_{pr}^+ = 817,0 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr}^- = 510,45 \text{ kN.m}$$

Karena elevasi antara kolom atas dengan bawah sama maka kekakuannya juga sama, $DF_{atas} = DF_{bawah} = 0,5$

Sehingga:

$$M_e = 0,5 \times (817 \text{ kN.m} + 510,45 \text{ kN.m}) = 663,72 \text{ kN.m}$$

- Hitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = \frac{M_e + M_e}{\ell_u} = \frac{663,72 \text{ kN.m} + 663,72 \text{ kN.m}}{3,25 \text{ m}}$$

$$V_{sway} = 408,4 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

– Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

Jika terdapat 5D25 = $A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$T_1 = 1227184,63 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN}$$

– Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 1227,18 \text{ kN}$$

– Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan

Jika terdapat 5D25 = $A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$T_2 = 1227184,63 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN}$$

– Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan

$$C_2 = T_2 = 1227,18 \text{ kN}$$

• Menghitung gaya geser pada joint

$$V_J = V_{\text{sway}} - T_1 - C_2$$

$$V_J = 408,4 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN} = 2045,92 \text{ kN}$$

e. Cek kuat geser joint

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, untuk kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_J = 1,7 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 562.500 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 5.657.251,29 \text{ N} = 5627,25 \text{ kN} > 2045,92 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}$$

4.5.4 Perencanaan Sambungan

Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang amat penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang terjadi dari elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Pada pembahasan ini akan dilakukan perhitungan sambungan antara lain :

- * Sambungan Balok Induk dengan Kolom
- * Sambungan Balok anak dengan Balok Induk
- * Sambungan Pelat dengan Balok Induk
- * Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Cor Insitu

Sambungan pracetak tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi juga harus mampu secara efektif mengintegrasikan komponen-komponen tersebut sehingga struktur tersebut secara keseluruhan dapat berperilaku monolit. Sambungan perlu ditinjau dari segi praktis, ekonomis, serviceability.

4.5.4.1 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Dalam hal ini sambungan menggunakan konsol pendek yang diasumsikan monolit pada kolom dan beton adalah beton normal

Data Perencanaan Konsol Kolom

bw	=	375 mm
Lp	=	400 mm
a	=	281 mm
h	=	500 mm
decking	=	40 mm
Mutu beton, f_c	=	35 Mpa
Mutu baja, f_y	=	400 Mpa
diameter tul. Lentur	=	16 mm

$$\begin{aligned}
 \text{diameter tul. Geser} &= 13 \text{ mm} \\
 \text{tinggi efektif konsol, } d &= h \text{ konsol} - \text{decking} - d.\text{lentur}/2 \\
 &= 500 - 40 - 0.5 \times 16 \\
 &= 452 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

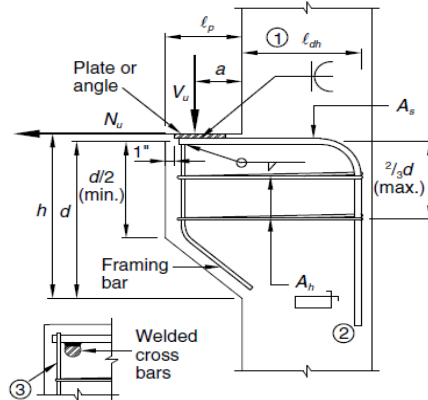
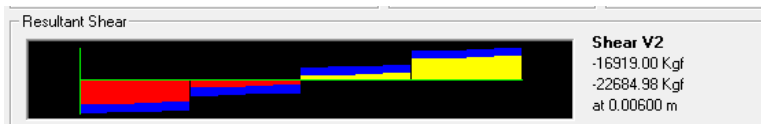


Fig. 5.9.2 PCI 7 th Edition

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan V_u pada balok yaitu,



$$V_u = 226.85 \text{ KN} \quad \text{Untuk} \quad = 0.75 \quad (2847 \text{ ps.11.8.3.1})$$

$$\begin{aligned}
 N_u &= 0.2 \times V_u \quad (2847 \text{ ps. 11.8.3.4}) \\
 &= 0.2 \times 227 = 45.4 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0.75} = \frac{226.85}{0.75} = 302.47 \text{ kN}$$

* Penentuan Tulangan Konsol

Dari perhitungan sebelumnya di dapatkan nilai V_e pada balok yaitu

$$V_e (-) = 398.056 \text{ KN}$$

$$V_e (+) = 501.3961 \text{ KN}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.6.4.2 untuk menentukan V_n pada konsol akibat geser friksi dengan tulangan miring, yaitu :

$$V_n = A_{vf} \times f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$$

Dicoba tulangan 5 D22, ($A_s = A_{vf} = 1900.7 \text{ mm}^2$)

$$\mu = 1.4 \text{ (Koefisien friksi)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 1900.7 \times 400 \times 1.4 \\ &= 1064371.6 \text{ N} \\ &= 1064.3716 \text{ KN} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 21.8.2 untuk join pada metode pracetak sebagai penahan gempa harus memenuhi persyaratan rangka momen khusus sebagai berikut :

- a. V_n tidak boleh kurang dari $2 V_e$

$$V_n = 1064.4 \text{ kN} > 2 \times V_e = 2 \times 501.3961$$

$$V_n = 1064.4 \text{ kN} > 1002.8 \text{ kN} \quad \text{Memenuhi}$$

Maka dalam hal ini dipakai $V_n = 1064.4 \text{ kN}$

- b. sambungan mekanis tulangan beton harus ditempatkan tidak lebih dekat dari $h/2$ dari muka joint

$$h / 2 = 500 / 2 = 250 \text{ mm}$$

* Cek Dimensi Penampang

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.1 dalam menentukan dimensi korbel harus memenuhi :

- a. $\frac{A_v}{d}$ tidak lebih besar dari 1

$$\frac{281}{452} = 0.62 < 1 \quad \text{Memenuhi}$$

- b. dikenai gaya tarik horisontal terfaktor N_u tidak lebih besar dari V_u

$$\begin{aligned} N_u &= 0.2 \times V_u = 0.2 \times 227 \\ &= 45.4 \text{ kN} < V_u = 227 \text{ kN} \quad \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

Kontrol

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.2.1 dimensi korbel harus melebihi gaya geser terfaktor yang bekerja sehingga V_n tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned}
 0.2 f_c' L_p d &= 0.2 \times 35 \times 400 \times 452 \\
 &= 1265600 \text{ N} \\
 &= 1266 \text{ kN} > V_n = 1064 \text{ kN} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (3,3+0,08f_c) L_p d &= [3.3 + 0.08 \times 35] \times 400 \\
 &\quad \times 452 \\
 &= 1102880 \text{ N} \\
 &= 1103 \text{ kN} > V_n = 1064 \text{ kN} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11 L_p d &= 11 \times 400 \times 452 \\
 &= 1988800 \text{ N} \\
 &= 1988.8 \text{ kN} > V_n = 1064 \text{ kN} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

* Luas Tulangan Lentur

Perletakkan yang akan digunakan dalam konsol pendek adalah sendi-rol yang mengijinkan deformasi arah lateral ataupun horizontal. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.4 akan digunakan N_{uc} minimum (N_{uc} = gaya tarik horizontal terfaktor yang diterapkan di atas korbel yang bekerja serentak dengan V_u)

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u a + N_u (h - d) \\
 &= 226850 \times 281 + 45370 \times (500 - 452) \\
 &= 65979322.5 \text{ Nmm} \\
 &= 65.979 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} = 0.0357
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.0357 = 0.0268
 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{400}{0.85 \times 35} = 13.445$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{65979322.5}{0.75 \times 400 \times 204304} = 1.076 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{F_y}} \right) = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,45 \times 1.146}{400}} \right)$$

$$= 0.00274$$

Syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0.0035 < 0.00274 < 0.0268$ **Not Oke**

Maka dipakai nilai $\rho = 0.0035$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.3 menentukan A_f mengacu ps. 10.2 sebagai berikut :

$$A_{f1} = \frac{M_u}{0.85 f_y d}$$

$$= \frac{65979322.5}{0.85 \times 0.75 \times 400 \times 452} = 572.44 \text{ mm}^2$$

$$A_{f2} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0035 \times 375 \times 452 = 593.25 \text{ mm}^2$$

Maka diambil nilai terkecil yaitu $A_{f1} = 572.44 \text{ mm}^2$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.4 menentukan A_n mengacu ps. 10.2 sebagai berikut :

$$A_n = \frac{N_u}{f_y} = \frac{45370}{0.75 \times 400} = 151.23 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan A_s yang digunakan:

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.5 menentukan A_s tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari :

$$A_{sc1} = A_f + A_n = 572.44 + 151.23$$

$$= 723.67 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc2} = \frac{2}{3} A_{vf} + A_n = \frac{2}{3} \times 1900.7 + 151.23$$

$$= 1418.3 \text{ mm}^2$$

maka $A_{s \text{ perlu}} = 1418.3 \text{ mm}^2$

Dimana menurut SNI 03:2847:2013 ps.11.8.5 kedua persamaan tersebut tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\min}} &= 0.04 \frac{f_c'}{f_y} b_w d \\
 &= 0.04 \times \frac{35}{400} \times 375 \times 452 \\
 &= 593.25 \text{ mm}^2 < A_{s_{\text{perlu}}} = 1418.3 \text{ mm}^2 \quad \text{OKE}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur D 22 maka $A_b = 380.13 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_b} = \frac{1418}{380} = 3.73 \approx 5$$

digunakan 5 D 22 $A_{s_{\text{pakai}}} = 5 \times 380 = 1900.7 \text{ mm}^2$

Perhitungan tulangan Ah :

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.4 menentukan luas total sengkang tertutup Ah tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 A_h &= \frac{1}{2} \left(A_s - A_n \right) = \frac{1}{2} \left(1418.3 - 151.23 \right) \\
 &= 633.55 \text{ mm}^2 \quad \emptyset
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 13 maka $A_b = 132.73 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{h_{\text{perlu}}}}{A_b} = \frac{633.55}{132.73} = 4.77 \approx 5$$

digunakan 5 D 13 $A_{h_{\text{pakai}}} = 5 \times 133 = 663.66 \text{ mm}^2$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.4 Ah harus disebarakan secara merata dalam batas $2/3d$

$$\frac{2}{3} d = \frac{2}{3} \times 452 = 301 \text{ mm}$$

Pelat Landasan Korbek Balok Induk

Kontrol kuat tumpuan untuk balok induk pada kolom sebagai berikut :

$$A_f = 300 \times 300 = 90000 \text{ mm}^2 \text{ (Tebal 15 mm)}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps.22.5.5 kekuatan tumpu desain beton pada pracetak adalah :

$$B_n \geq B_u$$

Data Perencanaan

$$V_u = 51 \text{ kip} = 226850 \text{ N} = 226.85 \text{ kN}$$

$$N_u = 10.2 \text{ kip} = 45370 \text{ N} = 45.37 \text{ kN}$$

$$\text{Lebar balok} = 15.7 \text{ in} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi balok} = 23.6 \text{ in} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Bearing Pad} = 3.94 \text{ in} \times 11.8 \text{ in} \\ = 100 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$$

$$f_c = 5076 \text{ psi} = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y \text{ lentur} = 58015 \text{ psi} = 400 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ geser} = 46412 \text{ psi} = 320 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Tulangan Horizontal (At)

$$A_{cr} = b \cdot h = 15.7 \times 23.6 = 372 \text{ in}^2$$

$$V_{n \max} = \phi \frac{1000 \lambda}{A_{cr}} = \phi \frac{1000 \times 1 \times 372}{1000} \\ = 372 \text{ kip}$$

$$V_{u \max} = \phi V_{n \max} \\ = 0.75 \times 372 = 279 \text{ kip} > 51 \text{ kip} \quad (\text{OK})$$

$$\mu_e = \frac{1000 \lambda}{V_u} A_{cr} \mu \\ = \frac{0.75 \times 1000 \times 1 \times 372 \times 1.4}{50997.927} \\ = 7.66 > \max \mu_e = 3.4 \quad (\text{Tabel 5.3.1 PCI 8th Edition})$$

maka dipakai $\max \mu_e = 3.4$

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi f_y \mu_e} = \frac{50997.927}{0.75 \times 58015 \times 3.4} = 0.34 \text{ in}^2$$

$$A_n = \frac{N_u}{f_y} = \frac{10199.58545}{0.75 \times 58015} = 0.23 \text{ in}^2$$

$$A_{vf} + A_n = 0.34 + 0.23 = 0.58 \text{ in}^2 = 373.63 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D 13 maka $A_b = 132.73 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_b} = \frac{374}{133} = 2.81 \approx 3$$

digunakan 3 D 13 $A_{\text{pakai}} = 3 \times 133 = 398.2 \text{ mm}^2$

Perhitungan Tulangan Sengkang (Ash)

Menurut PCI Edisi 7 dari Design adis 15.4.4 untuk menentukan panjang l_d adalah pada tabel berikut

Bar size, #	$f_c = 3000 \text{ psi}$				$f_c = 4000 \text{ psi}$				$f_c = 5000 \text{ psi}$				$f_c = 6000 \text{ psi}$			
	Tension			Com- pres- sion	Tension			Com- pres- sion	Tension			Com- pres- sion	Tension			Com- pres- sion
	l_d	$1.3l_d$	$1.5l_d$	l_d	l_d	$1.3l_d$	$1.5l_d$	l_d	l_d	$1.3l_d$	$1.5l_d$	l_d	l_d	$1.3l_d$	$1.5l_d$	l_d
3	16	21	25	8	14	18	21	8	13	17	19	8	12	15	17	8
4	22	28	33	11	19	25	28	9	17	22	25	9	15	20	23	9
5	27	36	41	14	24	31	36	12	21	28	32	11	19	25	29	11
6	33	43	49	16	28	37	43	14	25	33	38	14	23	30	35	14
7	48	62	72	19	42	54	62	17	37	48	56	16	34	44	51	16
8	55	71	82	22	47	62	71	19	42	55	64	18	39	50	58	18
9	62	80	93	25	54	70	80	21	48	62	72	20	44	57	66	20
10	70	90	104	28	60	78	90	24	54	70	81	23	49	64	74	23
11	77	100	116	31	67	87	100	27	60	78	90	25	55	71	82	25

Digunakan tulangan D13 mm (#4)

Untuk $f_c = 5076.3 \text{ psi}$

$$l_d = 17 \text{ in}$$

$$A_{cr} = l_d \times b = 17 \times 15.7 = 268 \text{ in}^2$$

$$V_u = [A_{vf} + A_n] f_y = 0.58 \times 58015 = 33599 \text{ kip}$$

$$\mu_e = \frac{1000 \lambda A_{cr} \mu}{V_u}$$

$$= \frac{0.75 \times 1000 \times 1 \times 268 \times 1.4}{33598.634}$$

$$= 8.37 > \max \mu_e = 3.4 \text{ (PCI tabel 5.3.1)}$$

maka dipakai $\max \mu_e = 3.4$

$$A_{sh} = \frac{[A_{vf} + A_n] f_y}{\mu_e f_{ys}} = \frac{33598.634}{3.4 \times 46412} = 0.21 \text{ in}^2$$

$$= 137.37 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D 13 maka $A_b = 132.79 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{sh \text{ perlu}}}{A_b} = \frac{137}{133} = 1.03 \approx 2$$

digunakan 2 D 13 $A_{sh \text{ pakai}} = 2 \times 133 = 265.57 \text{ mm}^2$

Perhitungan Sambungan Balok ke Kolom

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian atas yang nantinya akan

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi. Yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 03-2847:2013 pasal 12.3.2 Maka :

$$l_{dc} \geq \frac{0.24 \times f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \times d_b$$

$$\geq \frac{0.24 \times 400}{1 \times 5.92} \times 19 = 308.31 \text{ mm}$$

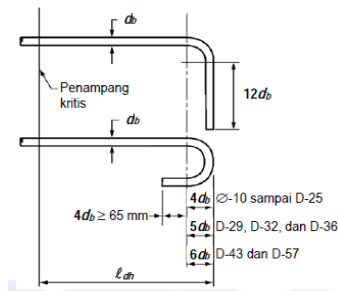
$$l_{dc} \geq 0.043 \times f_y \times d_b$$

$$\geq 0.043 \times 400 \times 19 = 326.8 \text{ mm}$$

Maka dipakai nilai l_{dc} terbesar = 330 mm

Panjang Penyaluran Kait Standart Dalam Tarik

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.1 panjang penyaluran dalam kondisi tarik dengan kait standart harus ditentukan sebagai berikut :



$$l_{dh} \geq 8 \times d_b = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq \frac{0.24 \times \psi_s \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c}} \times d_b$$

$$\geq \frac{0.24 \times 1 \times 400}{1 \times 5.92} \times 19 = 308.31 \text{ mm}$$

Maka dipakai $l_{dh} = 310 \text{ mm}$ dengan bengkokkan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar sebesar 90° sebesar :

$$12 \text{ db} = 12 \times 19 = 228 \text{ mm} \approx 230 \text{ mm}$$

Perhitungan Kuat angkur Baut ke Beton

Dalam sambungan konsol kolom dengan balok induk dipasang angkur baut untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan pada saat pemasangan elemen balok precast. Desain sambungan harus mampu menahan gaya aksial yang terjadi di balok.

Dari pembahasan struktur balok induk sebelumnya, didapat gaya aksial dan geser dari analisa SAP 2000 sebesar :

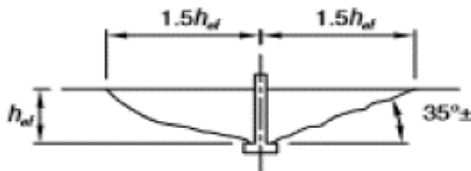
$$N_u = 28.284 \text{ KN}$$

Data Perencanaan :

Berdasarkan SNI 1729-2015 tabel J3.1M dan J3.2 Direncanakan baut A325 dengan ukuran M20. Berikut data perencanaan sambungan baut :

$db = 20 \text{ mm}$	Mutu baja : $F_y = 400 \text{ Mpa}$
$A_b = 314.16 \text{ mm}^2$	$F_u = 560 \text{ Mpa}$
$F_{yb} = 830 \text{ Mpa}$	Mutu beton (F_c) = 35 Mpa
$F_{ub} = 620 \text{ Mpa}$	Kedalaman (H_{ef}) = 160 mm

Menentukan Jarak Angkur :



$$Ca 1 = 1.5 \times H_{ef} = 1.5 \times 160 = 240 \text{ mm}$$

$$Ca 2 = 200 \text{ mm}$$

Kuat Baut Angkur Terhadap Gaya Tarik

Menurut SNI 2847:2013 Pasal D.5.1.2 dijelaskan gaya tarik pada angkur harus lebih kecil dari kekuatan nominal angkur.

$$\text{Baut angkur, } D \text{ baut} = 20 \text{ mm} \approx 3/4 \text{ in}$$

$$A_{se, N} = 314.16 \text{ mm}^2 \approx 0.4418 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} N_{sa} &= A_{se, N} \times F_u = 314.16 \times 830 = 260752.19 \text{ N} \\ &= 260.75 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\phi N_{sa} = 0.75 \times 260.75 = 195.56 \text{ KN}$$

Kuat jebol (breakout) beton terhadap tarik

Menurut SNI 2847:2013 D.5.2 kekuatan nominal kuat jebol beton terhadap tarik yaitu :

$$N_{cb} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \times \psi_{ed, N} \times \psi_{c, N} \times \psi_{cp, N} \times N_b$$

$$\text{Dimana : } \psi_{ed, N} = 1 \quad (\text{Untuk } Ca1 \geq 1,5 \text{ hef})$$

$$\psi_{c, N} = 1.25 \quad (\text{Untuk angkur cor didalam})$$

$$\psi_{cp, N} = 1$$

$$K_c = 10 \quad (\text{Untuk angkur cor didalam})$$

$$\lambda_a = \lambda = 1$$

$$\text{Posisi angkur dari ujung tepi kolom beton (ca1)} = 240 \text{ mm}$$

$$A_{NCO} = 9 \times \text{hef}^2 = 9 \times 25600 = 230400 \text{ mm}^2$$

$$A_{NC} = ca1 \times ca2 = 240 \times 200 = 48000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka nilai } \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} = 0.21$$

$$N_b = k_c \cdot \lambda_a \cdot \sqrt{f_c} \cdot \text{hef}^{1.5}$$

$$= 10 \times 1 \times 5.92 \times 2023.9 = 119733 \text{ N}$$

$$= 119.73 \text{ KN}$$

Baut tunggal :

$$N_{cb} = \frac{A_{NC}}{A_{NCO}} \times \psi_{ed, N} \times \psi_{c, N} \times \psi_{cp, N} \times N_b$$

$$= \frac{48000}{230400} \times 1 \times 1.25 \times 1 \times 119.73 = 31.2 \text{ KN}$$

Kuat cabut (pullout) baut angkur dari beton

Menurut SNI 2847:2013 D.5.3.4 kekuatan nominal cabut dalam kondisi tarik dari baut berkait tunggal seperti berikut

$$\psi_{cp} = 1$$

$$\text{Baut angkur, } D \text{ baut} = 20 \text{ mm} \approx 3/4 \text{ in}$$

$$A_{se, N} = 314.16 \text{ mm}^2 \approx 0.4418 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} N_p &= 8 \cdot A_{brg} \cdot F_c = 8 \times 314.16 \times 35 \\ &= 87964.6 \text{ N} = 87.965 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_{pn} &= \phi \cdot \psi_{cp} \cdot N_p = 0.75 \times 1 \times 87.965 \\ &= 65.973 \text{ KN} \end{aligned}$$

Kuat ambrol muka tepi (sideface blowout) beton dari tarik

Menurut SNI 2847-2013 D5.4.1 kekuatan nominal ambrol beton dari tepi terdekat terhadap tarik yaitu,

$$N_{sb} = (13 \text{ cal } \sqrt{A_{brg}}) \lambda_a \sqrt{f_c}$$

$$\text{Baut angkur, } \phi \text{ baut} = 20 \text{ mm} \approx 3/4 \text{ in,}$$

$$A_{se, N} = 314.16 \text{ mm}^2 \approx 0.4418 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned} N_{sb} &= (13 \text{ cal } \sqrt{A_{brg}}) \cdot \lambda_a \sqrt{f_c} \\ &= 13 \times 240 \sqrt{314.16 \times 1} \sqrt{35} \\ &= 327163 \text{ N} = 327.16 \text{ kN} \end{aligned}$$

Rangkuman kuat batas baut terhadap tarik :

- * Kuat tarik baut angkur = 195.56 kN
- * Kuat jebol beton = 31.18 kN (menentukan)
- * Kuat cabut angkur = 65.973 kN
- * Kuat ambrol muka tepi beton = 327.16 kN

$$\phi N_n \geq N_u$$

$$31.2 \text{ kN} \geq 28.284 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

Jadi digunakan angkur baut tunggal M20 mutu A325

Kontrol Tarik sambungan Coupler

Menurut SNI 12.14.3.2 sambungan mekanis penuh harus mengembangkan tarik atau tekan seperti disyaratkan, paling sedikit 1,25 Fy batang tulangan.

Berdasarkan brosur didapat informasi seperti berikut :

$$F_y \text{ Coupler} = 600 \text{ Mpa}$$

$$F_y \text{ tulangan} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } 1.25 F_y &< F_y \text{ Coupler} \\ 1.25 \times 400 &< 600 \text{ Mpa} \\ 500 \text{ Mpa} &< 600 \text{ Mpa} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

4.5.4.2 Sambungan Balok anak dengan Balok induk

Pada perencanaan sambungan balok induk dan balok anak digunakan konsol setempat. Balok Anak diletakkan pada konsol yang berada pada Balok Induk.

Data Perencanaan Konsol Balok Induk :

$$\begin{aligned} l_p &= 200 \text{ mm} \\ a_v &= 150 \text{ mm} \\ h &= 250 \text{ mm} \\ b &= 200 \text{ mm} \\ \text{decking} &= 40 \text{ mm} \\ \text{Mutu beton, } f_c &= 35 \text{ Mpa} \\ \text{Mutu baja, } f_y &= 400 \text{ Mpa} \\ \text{diameter tul. Lentur} &= 13 \text{ mm} \\ \text{diameter tul. Geser} &= 10 \text{ mm} \\ \text{tinggi efektif konsol, } d &= h \text{ konsol} - \text{decking} - d.\text{lentur}/2 \\ &= 250 - 40 - 0.5 \times 13 \\ &= 203.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pembebanan dan analisa gaya dalam pada korbek balok induk menggunakan perhitungan V_u pada balok anak (25/35) pada bab sebelumnya, yaitu :

$$\begin{aligned} V_u &= 4647.81 \text{ kg} \quad \emptyset \\ &= 46.5 \text{ kN} \quad \text{untuk} \quad = 0.75 \quad (2847 \text{ ps.11.8.3.1}) \\ N_u &= 0.2 \times V_u \quad (2847 \text{ ps. 11.8.3.4}) \\ &= 0.2 \times 46.5 = 9.3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0.75} = \frac{46.478}{0.75} = 61.971 \text{ kN}$$

*** Cek Dimensi Penampang**

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.1 dalam menentukan dimensi korbel harus memenuhi :

a. $\frac{A_v}{d}$ tidak lebih besar dari 1

$$\frac{150}{204} = 0.74 < 1 \text{ (OK)}$$

b. dikenai gaya tarik horisontal terfaktor N_u tidak lebih besar

$$\begin{aligned} N_u &= 0.2 \times V_u = 0.2 \times 46.5 \\ &= 9.3 \text{ kN} < V_u = 46.5 \text{ kN} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.2.1 dimensi korbel harus melebihi gaya geser terfaktor yang bekerja

sehingga V_n tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned} 0.2 f_c' L_p d &= 0.2 \times 35 \times 200 \times 204 \\ &= 284900 \text{ N} \\ &= 285 \text{ kN} > V_n = 62 \text{ kN} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3.3 + 0.08 f_c') L_p d &= [3.3 + 0.08 \times 35] \times 200 \\ &\quad \times 204 \\ &= 248270 \text{ N} \\ &= 248 \text{ kN} > V_n = 62 \text{ kN} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11 L_p d &= 11 \times 200 \times 204 \\ &= 447700 \text{ N} \\ &= 447.7 \text{ kN} > V_n = 62 \text{ kN} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3 menentukan momen terfaktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_u &= V_u a + N_u (h - d) \\ &= 46478.1 \times 150 + 9295.62 \times (250 - 204) \\ &= 7403961.33 \text{ Nmm} \\ &= 7.404 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.2 menentukan A_{vf} sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{\phi V_u}{\mu f_y} \\ &= \frac{46478.1}{0.75 \times 1.4 \times 400} \\ &= 110.66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.3 menentukan A_f mengacu ps. 10.2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_f &= \frac{\phi M_u}{0.85 f_y d} \\ &= \frac{7403961.33}{0.85 \times 0.75 \times 400 \times 204} \\ &= 142.68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.4 menentukan A_n mengacu ps. 10.2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{\phi N_u}{f_y} \\ &= \frac{9295.62}{0.75 \times 400} \\ &= 30.985 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan As :

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.3.5 menentukan A_s tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari :

$$\begin{aligned} A_{s1} &= A_f + A_n = 142.68 + 30.985 \\ &= 173.66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s2} &= \frac{2}{3} A_{vf} + A_n = \frac{2}{3} \times 110.66 + 30.985 \\ &= 104.76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka $A_{s \text{ perlu}} = 173.66 \text{ mm}^2$

dimana menurut SNI 03:2847:2013 ps.11.8.5 kedua persamaan tersebut tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= 0.04 \frac{f_c'}{f_y} b_w d \\ &= 0.04 \times \frac{35}{400} \times 200 \times 204 \\ &= 142.45 \text{ mm}^2 < A_{s_{\text{perlu}}} = 173.66 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur D 13 maka $A_b = 132.79 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_b} = \frac{174}{133} = 1.31 \approx 2$$

digunakan 2 D 13 $A_{s_{\text{pakai}}} = 2 \times 133 = 265.57 \text{ mm}^2$

Perhitungan tulangan Ah :

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.4 menentukan A_h tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} A_{h1} &= \frac{1}{2} \left(A_s - A_n \right) = \frac{1}{2} \left(173.66 - 30.985 \right) \\ &= 71.339 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{h2} = \frac{1}{3} A_{vf} = \frac{1}{3} \times 110.66 = 36.887 \text{ mm}^2$$

maka $A_h \text{ perlu} = 71.339 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan lentur 10 maka $A_b = 78.571 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_b} = \frac{71.3}{78.6} = 0.91 \approx 1$$

digunakan 1 D 10 $A_{s_{\text{pakai}}} = 1 \times 78.6 = 78.571 \text{ mm}^2$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.8.4 A_h harus disebarakan secara merata dalam batas $2/3d$

$$\frac{2}{3} d = \frac{2}{3} \times 204 = 136 \text{ mm}$$

Pelat Landasan Korbel Balok Anak

Kontrol kuat tumpuan untuk balok anak pada korbel balok induk sebagai berikut

$$A_f = l_p \times b_w$$

$$A_f = 150 \times 150 = 22500 \text{ mm}^2$$

Ø

$$B_n \geq B_u$$

dengan

$$\begin{aligned} B_n &= 0.65 f_c' A_f = 0.65 \times 35 \times 22500 \\ &= 511875 \text{ N} = 511.88 \text{ kN} > V_u = 46.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan beton pada tumpuan

$$f_r = 0.7 \times \sqrt{f_c'} = 0.7 \times \sqrt{35} = 4.1413 \text{ Mpa}$$

$$V_u = 46.5 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{46478}{22500} = 2.07 < f_r = 4.14 \text{ Mpa (OK)}$$

Tumpuan Ujung Balok Anak

Menurut Kim Elliot Precast Concrete Structure (8.3.3) penulangan ujung balok berdasarkan analisa geser yang terjadi, dengan data sebagai berikut :

$$V_u = 105 \text{ kN}$$

$$f_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$b_p = 200 \text{ mm} \quad (\text{lebar pelat})$$

$$l_p = 100 \text{ mm} \quad (\text{panjang pelat})$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 380 \text{ mm} \quad (\text{pracetak})$$

Menghitung kapasitas ijin,

$$f_b = \frac{1.5 f_c}{1 + \frac{2 b_p}{b}} = \frac{1.5 \times 35}{1 + \frac{2 \times 200}{300}} = 22.5 \text{ N/mm}^2$$

fb harus kurang dari :

$$\frac{V_u}{b_p \cdot l_p} = \frac{105000}{200 \times 100} = 5.25 \text{ N/mm}^2 < f_b = 22.5 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$

Menentukan tebal pelat siku, perhitungan berdasarkan ketahanan terhadap gaya horizontal

$$\mu = 1.4 \text{ (SNI 2847 ps.11.6.4.3)}$$

$$H = \mu V = 1.4 \times 105000 = 147000 \text{ N}$$

$$\mu' = \frac{7 A_c}{H} = \frac{7 \times 380 \times 300}{147000} = 5.4286$$

Maka tebal pelat

$$t_w = \frac{V_u}{f_y b_p \mu'} = \frac{105000}{390 \times 200 \times 5.43} = 0.25 \text{ mm}$$

sehingga dipakai tebal pelat , $t_w = 10 \text{ mm}$ (sesuai brosur)

Menentukan sudut tulangan diagonal,

$$\text{arc tan } \frac{100}{380} = 14.7$$

$$\begin{aligned} A_h &= \frac{V_u}{0.95 f_{yh} \cos \theta \mu} \\ &= \frac{105000}{0.95 \times 390 \times \cos 15 \times 5.43} = 53.983 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan 2 D 10 , $A_s = 157.14 \text{ mm}^2$

Panjang ld menurut PCI Precast 7th edition design aid (15.4.4)

$$l_d = 3000 \frac{d_b}{f_c} = 3000 \times \frac{10}{35} = 857.14 \text{ mm}$$

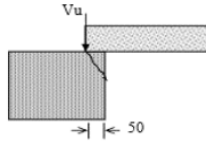
dipakai jumlah tulangan, $n = 2$

maka $857.14 / 2 = 428.57 \text{ mm}$

4.5.4.3 Sambungan Pelat dengan Balok Induk

* Kontrol Tegangan Tumpuan Akibat Pelat

Pelat Pracetak yang harus ditinjau adalah tumpuannya pada balok saat pemasangan dan pengecoran untuk menjamin agar tidak retak atau runtuh



Gambar Tumpuan Pelat pada Balok

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 4.6.2.2 Jarak tumpuan pada komponen pracetak untuk beton polos paling sedikit yaitu 50 mm untuk slab dan 75 mm untuk Balok

Perhitungan kekuatan tumpu pelat pada balok anak

$$V_u = B_u = 707 \text{ kg} = 7065.4 \text{ N} = 7.07 \text{ kN}$$

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$b = 1300 \text{ mm}$$

$$a = 50 \text{ mm}$$

$$= 0.65$$

$$f_{ci \text{ 7hari}} = 0.65 f_c = 0.65 \times 25 = 16.25 \text{ Mpa}$$

$$A = a b = 1300 \times 50 = 65000 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 22.5.5 kekuatan tumpu desain beton pada pracetak tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned} B_n &= 0.85 f_{ci \text{ 7hari}} A \\ &= 0.65 \times 0.85 \times 16.3 \times 65000 \\ &= 583578.13 \text{ N} \\ &= 583.58 \text{ kN} > B_u = 7.07 \text{ kN} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol tegangan beton pada tumpuan,

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c} = 0.62 \times \sqrt{16.3} = 2.50 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{7065.4}{65000} = 0.11 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = 0.11 \text{ MPa} < f_r = 2.50 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

4.5.4.4 Sambungan Pelat Pracetak dengan Pelat Topping Cor Insitu (Penghubung Geser)

Penghubung geser diperlukan untuk mengikat pelat pracetak dan pelat topping yang mampu mentransfer gaya - gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan yang menjadi gaya geser horizontal

yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen komposit dalam memikul beban

data perencanaan

tebal pelat topping,	=	5	cm
tebal pelat pracetak	=	7	cm
sumbu netral, X	=	6	cm
mutu pelat topping	=	30	Mpa
mutu pelat pracetak	=	30	MPa
mutu baja	=	240	MPa
lebar efektif topping	=	130	cm
panjang efektif	=	180	cm
decking	=	2	cm
tulangan pelat	=	10	- 200 mm

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 17.5.3 geser horizontal dapat ditentukan dengan jalan menghitung perubahan aktual gaya tekan atau tarik pada kedua elemen komposit.

$$V_u = C = T$$

$$\begin{aligned} C_x &= 0.85 f_c A_{top} \\ &= 0.85 \times 30 \times 1300 \times 50 \\ &= 1657500 \text{ N} = 1657.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_y &= 0.85 f_c A_{top} \\ &= 0.85 \times 30 \times 1800 \times 50 \\ &= 2295000 \text{ N} = 2295 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_x &= A_s f_y \\ &= 6 \times 78.6 \times 240 \\ &= 113142.86 \text{ N} = 113.14 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_y &= A_s f_y \\ &= 8 \times 78.6 \times 240 \\ &= 150857.14 \text{ N} = 150.86 \text{ kN} \end{aligned}$$

maka dipilih yang terkecil

$$V_u = 113.14 \text{ kN}$$

SNI 7833-2012 pasal 5.3.3.4 dan SNI 03:2847:2013

ps.17.5.3.4 bila V_u melebihi $(3,5b_v d)$ maka desain untuk geser horizontal menggunakan metode desain friksi geser

$$\begin{aligned} d &= 120 - 20 - 0.5 \times 10 = 95 \text{ mm} \\ 3.5 b_v d &= 0.75 \times 3.5 \times 1300 \times 95 \\ &= 324188 \text{ N} = 324.19 \text{ kN} > V_u \end{aligned}$$

Maka desain geser horizontal tidak menggunakan metode desain friksi

Cek Tulangan Penghubung Geser

dicoba dipasang 2 kaki 10 - 150 mm
pada penampang melintang berjumlah 2 buah

$$A_v = 2 \times 2 \times \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2 = 314 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03:2847:2013 ps. 11.4.6.3 A_v min

$$\begin{aligned} A_{v_{\min}} &= 0.062 \sqrt{f_c} \frac{b_w s}{f_{yt}} \\ &= 0.062 \times \sqrt{30} \times \frac{1300 \times 150}{240} = \\ &= 275.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

tapi tidak boleh kurang dari

$$\frac{0.35 b_w s}{f_{yt}} = \frac{0.35 \times 1300 \times 150}{240} = 284 \text{ mm}^2$$

maka dipakai

$$A_{v_{\min}} = 284 \text{ mm}^2 < A_v = 314 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\rho_v = \frac{A_v}{b_v s} = \frac{314}{1300 \times 150} = 0.0016117$$

Kapasitas Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{nh} &= [1.8 + 0.6 \rho_v f_y] \lambda b_v d \\ &= [1.8 + 0.6 \times 0.0016 \times 240] \times 1 \times 1300 \\ &\quad \times 95 \\ &= 250962.86 \text{ N} \approx 250.96 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{nh} \approx 0.75 \times 250.96 = 188.22 \text{ kN}$$

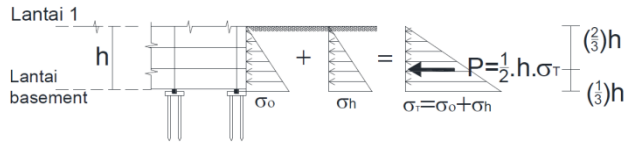
$$V_u = 113 \text{ kN} < V_{nh} = 188 \text{ kN} < 324.19 \text{ kN}$$

$$V_u < V_{nh} < 3.5 b_v d \text{ (OK)}$$

4.6 Perencanaan Basement

Perencanaan Basement menggunakan dinding geser yang juga difungsikan sebagai penahan tanah. Tinggi basement yang direncanakan memiliki tinggi 3 m.

4.5.1 Penulangan Dinding Basement



Gambar 4. 16. Diagram tegangan pada dinding basement

Data perencanaan basement adalah sebagai berikut :

Mutu beton (f'_c)

: 35 Mpa

Mutu baja (f_y)

: 400 Mpa

Tebal dinding basement : 25 cm

Diameter tulangan

: 19 mm

Tinggi dinding basement

: 3 m

Panjang basement

: 7,7 m

Tebal selimut beton

: 40 mm

$d = t - \text{decking} - 1/2D - D$

$= 250 - 40 - 11 - 22 = 177 \text{ mm}$

Hasil analisa SAP, didapatkan $M_u \text{ max} = 4968,12 \text{ kg.m}$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4968,1200}{0,8} = 62101500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{62101500}{1000 \times 177^2} = 1,885 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mxRn}{f_y}} \right) = 0,00487 \quad (\rho_{\min} < \rho \text{ perlu})$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,00487 \times 1000 \times 181,5 = 884,36 \text{ mm}^2$$

Jika dipakai tulangan D19 mm

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 19^2 = 283,4 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{884,361}{283,385} = 3,1 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

$$S_{\max} = \frac{1000 - (2 \times 40)}{4 - 1} = 306,67 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = 4 \times 283,385 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 4D19 mm (A_s pakai 1133,54 mm²) dengan jarak 200 mm

➤ Kontrol ketebalan minimum dinding basement

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 15.5.3.2 yang menyatakan bahwa tebal dinding basement eksterior dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

Dinding basement yang dipakai 250 mm.

➤ Kontrol Rasio Tulangan

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 14.3.3 menyatakan bahwa Rasio minimum luas tulangan horizontal terhadap luas beton bruto, ρ_t , harus 0,0020 untuk bentang ulir yang tidak lebih besar dari D-16 dengan f_y tidak kurang dari 420 Mpa.

$$\rho_t = \frac{283,385 \times 19}{1000 \times 250} = 0,0064 > 0,002 \text{ (OK)}$$

4.5.2 Penulangan Lantai Basement

➤ Pelat Lantai

Pada perhitungan pelat lantai diambil pelat terbesar dengan dimensi 3600 mm x 7200 mm yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya. Untuk pelat lantai basement

menggunakan beton cor in situ. Beban-beban untuk hotel berdasarkan SNI 03-1727-2012

$$L_y = 7700 \text{ mm}$$

$$L_x = 5600 \text{ mm}$$

$$d_x = 201 \text{ mm}$$

$$d_y = 182 \text{ mm}$$

➤ Perhitungan penulangan tumpuan arah X

$$b = \frac{L_y}{L_x} = 1,375 > 2 \text{ (Pelat satu arah)}$$

$$M_{ux} = 19103,98 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{191039800}{0,8} = 238799750 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{238799750}{1000 \times 200,5^2} = 5,940 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m x R_n}{f_y}} \right) = 0,0167 \text{ (} \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} \text{)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,00167 \times 1000 \times 200,5 = 335,5 \text{ mm}^2$$

Jika dipakai tulangan D19 mm

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 19^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tul}} = \frac{335,5}{283,53} = 1,183 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S_{\max} = \frac{1000 - (2 \times 40)}{12 - 1} = 83,636 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = 2 \times 283,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 9D22 mm (As pakai 3421,19 mm²)
dengan jarak 100 mm

➤ Perhitungan penulangan tumpuan arah Y

$$M_{uy} = 12857,92 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{128579200}{0,8} = 160724000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d y^2} = \frac{160724000}{1000 \times 181,5^2} = 4,879 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,445$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m x R_n}{f_y}} \right) = 0,013 \quad (\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}})$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,00134 \times 1000 \times 181,5 = 2433,1 \text{ mm}^2$$

Jika dipakai tulangan D22 mm

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tul}} = \frac{2433,103}{380,13} = 6,4007 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$$

$$S_{\max} = \frac{1000 - (2 \times 40)}{7 - 1} = 153,33 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = 7 \times 380,13 = 2660,929 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 7D22 mm (As pakai 2660,93²) dengan jarak 150 mm

4.7 Metode Pelaksanaan

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, metode pelaksanaan merupakan item penting yang tidak bisa dipisahkan. Apalagi menyangkut struktur beton pracetak. Untuk merencanakan beton pracetak, terlebih dahulu harus diketahui apakah struktur tersebut bisa dilaksanakan. Tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item-item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material-material beton pracetak. Proses pekerjaan yang dilakukan meliputi :

- a. Fabrikasi
- b. Proses transportasi
- c. Proses penyimpanan
- d. Proses pengangkatan
- e. Proses pengecoran
- f. Proses perawatan

4.7.1 Fabrikasi

Proses fabrikasi yaitu proses pembuatan komponen pracetak, dalam hal ini ada beberapa yang harus diperhatikan demi efisiensi biaya dan menjaga komponen agar tidak rusak. Hal – hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah :

- Perlunya standart khusus sehingga hasil pracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
- Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama.
- Lokasi fabrikasi memiliki lahan yang cukup luas dan lingkungan yang bersih dari material non-struktur.
- Bekisting pada saat pengecoran komponen pracetak harus disediakan sesuai dengan desain yang telah ditentukan.

4.7.2 Transportasi

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Sistem transportasi disini meliputi:

1. Pemindahan beton pracetak di areal pabrik
2. Pemindahan dari pabrik ke storage area proyek.

Diketahui komponen pracetak pada tugas akhir terapan ini memiliki panjang bentang maksimal 7,7 meter (balok induk 40/60) dengan beban 3,55 ton. Oleh karena itu, penulis mengambil contoh alat transportasi yaitu produk Truck HINO model FL260TI dengan spesifikasi sebagai berikut :

Dimensi (mm)
Jarak Sumbu Roda : 5.760 + 1.300
Cabin to End : -
Total Panjang : 11.275
Total Lebar : 2.460
Total Tinggi : 2.695
Lebar Jejak Depan : 1.925
Lebar Jejak Belakang : 1.855
Julur Depan : 1.255
Julur Belakang : 2.960
Berat Chassis (kg)
Depan : 2.928
Belakang : 3.818
Berat Kosong : 6.746
GVWR / GCWR : 26000

Gambar 4. 17. Spesifikasi Truck HINO

Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 11,27 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 26 ton. Di area lokasi proyek diperlukan sarana untuk pemindahan komponen beton pracetak mempergunakan tower crane dan area penyimpanan (storage) untuk menyimpan elemen pracetak sebelum dilaksanakan pemasangan (erection)

4.7.3 Penyimpanan

Tempat penyimpanan pada lokasi proyek perlu diperhatikan untuk menjaga komponen agar tidak rusak dan tidak mengganggu pekerjaan lainnya dengan jumlah penumpukan yang telah ditentukan.

Dalam hal ini maka penulis meletakkan komponen pracetak di depan lokasi proyek sehingga memudahkan mobilitas.

4.7.4 Pengangkatan

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain:

1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik – titik angkat pada elemen pracetak

Hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab – bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak.

Diketahui komponen pracetak pada tugas akhir terapan ini memiliki beban terbesar yaitu 4,45 ton (balok induk). Oleh karena itu, penulis menggunakan 1 buah tower crane model PEINER SK 575 Hammerhead Tower Crane dengan jarak jangkauan maksimum 55 m dan beban maksimum 10 ton di ujung.

- Kontrol Kapasitas Tower Crane
 1. Balok induk pracetak 40/48 ($L = 7.7 \text{ m}$)
 $W = 0,48 \times 0.4 \times 7.7 \times 2,4 = 3,55 \text{ T}$
 $W.\text{balok} < W.\text{kapasitas TC}$
 $3,55 \text{ T} < 10 \text{ T}$ (memenuhi)
 2. Balok anak 30/28 ($L = 5.6 \text{ m}$)

$$W = 0,28 \times 0,3 \times 5,6 \times 2,4 = 1,13 \text{ T}$$

$$W.\text{balok} < W.\text{kapasitas TC}$$

$$1,13 \text{ T} < 10 \text{ T (memenuhi)}$$

3. Pelat

$$W = 0,07 \times 1,925 \times 5,6 \times 2,4 = 1,81 \text{ T}$$

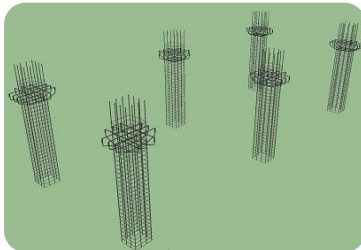
$$1,81 \text{ T} < 10 \text{ T (memenuhi)}$$

4.7.5 Pemasangan & Pengecoran

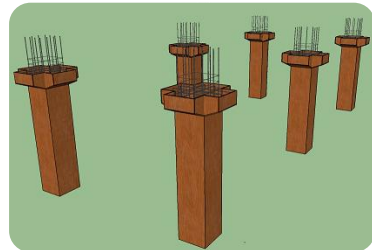
Dalam tugas akhir ini pemasangan elemen pelat pracetak dan balok pracetak pembangunan gedung Hotel Pesona Pekanbaru akan dilakukan beberapa langkah sebagai berikut :

Langkah 1 : Pekerjaan Kolom

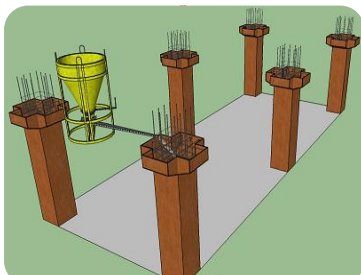
Terdiri dari penulangan, Bekisting, dan pengecoran.



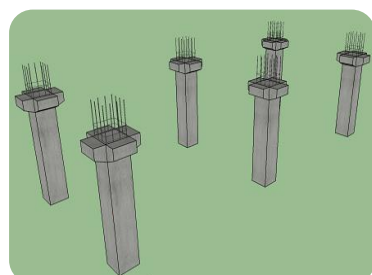
Penulangan Kolom & Korbek



Pemberian Bekisting Kolom



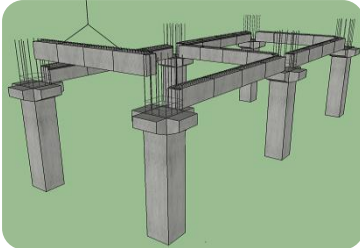
Pengecoran Kolom



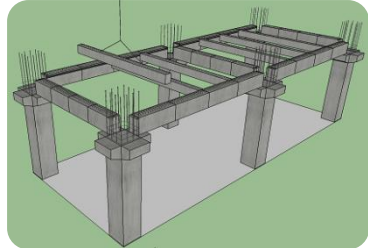
Kolom Siap Pakai

Langkah 2 : Instalasi Elemen Pracetak

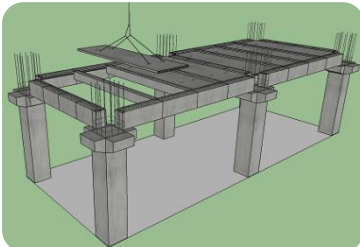
Pemasangan element pracetak balok induk, balok anak, dan pelat



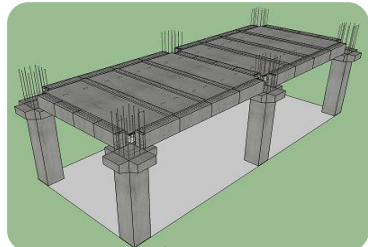
Pemasangan Balok Induk



Pemasangan Balok Anak



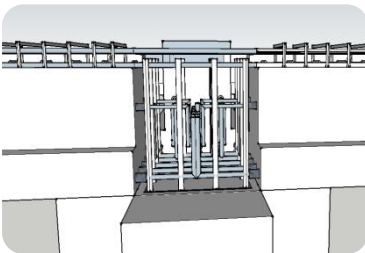
Pemasangan Pelat



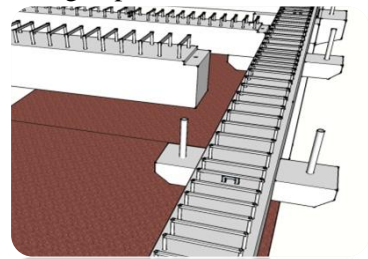
Elemen Pracetak Terpasang

Langkah 3 : Pemasangan Sambungan

Sambungan balok induk ke kolom, balok anak ke balok induk, dan sambungan pelat ke balok induk.

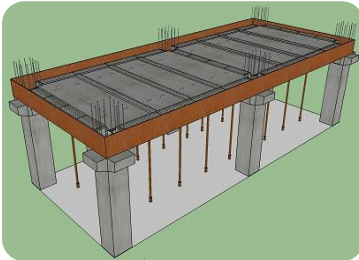


Sambungan Blk Indk - Kolom

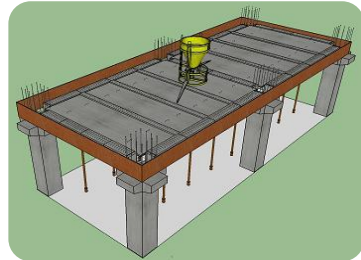


Sambungan Blk Ank - Blk Idk

Langkah 4 : Pengecoran Topping (Bekisting dan cor)



Sambungan Blk Indk - Kolom

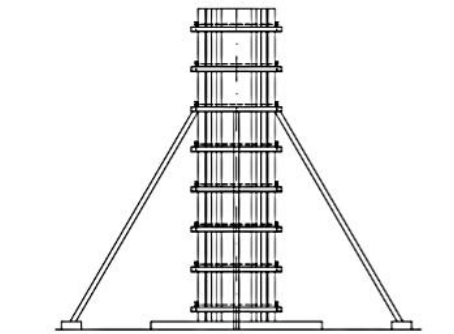


Sambungan Blk Ank - Blk Idk

PENJELASAN :

- **Pekerjaan elemen kolom**

Setelah dilakukan pemancangan, pembuatan pile cap dan sloof, maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pendimensian pile cap. Tulangan kolom bersamaan dengan tulangan konsol yang telah disiapkan dicor sampai batas yang sudah ditentukan. Dalam hal ini sampai ketinggian permukaan bawah balok induk yang menumpang pada kolom.

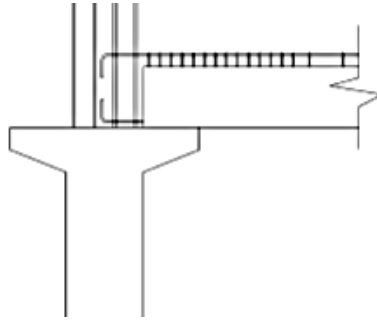


Gambar 4. 18. Pemasangan Bekisting untuk Pembuatan Kolom

- **Pekerjaan elemen balok induk**

Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu di atas konsol kolom kemudian

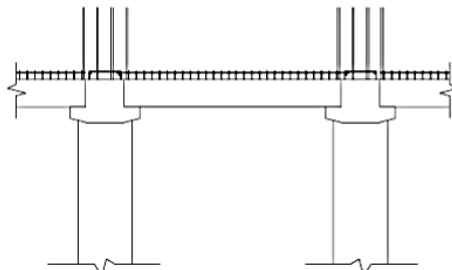
dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Lalu setelah itu baru dilakukan pengecoran.



Gambar 4. 19. Pemasangan Balok Induk Pracetak

- **Pekerjaan elemen balok anak**

Pemasangan balok anak pracetak di bagian tengah balok induk. Konsol tempat bertumpunya balok anak pun terbuat dari beton pracetak yang terdapat pada balok induk.



Gambar 4. 20. Pemasangan Balok Anak Pracetak

- **Pekerjaan elemen pelat**

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Kemudian dilakukan pemasangan tulangan bagian atas yaitu tulangan tumpuan untuk pelat.

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas pelat, balok anak, dan balok induk

yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk. Topping digunakan setinggi 6 cm.

Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.

4.7.6 Perawatan

Curing atau Perawatan Beton dilakukan saat beton sudah mulai mengeras yang bertujuan untuk menjaga beton tidak cepat kehilangan air dan menjaga kelembaban/suhu beton. sehingga beton dapat mencapai mutu beton yang diinginkan.

Metode yang dilakukan untuk proses perawatan pada komponen pracetak dilakukan saat pengecoran selesai dilakukan yaitu dengan membasahi permukaan beton secara berkala.

Halaman ini sengaja dikosongkan !

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan tugas akhir terapan dengan judul “Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru dengan Menggunakan Beton Pracetak”, ada beberapa poin kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Dasar perancangan struktur secara umum mengacu kepada 2 peraturan yaitu SNI-2847-2013 “Persyaratan Beton Struktural Pada Bangunan Gedung” & SNI-7833-2012 “Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Prategang Untuk Bangunan”. Adapun hasil modifikasi elemen struktur sebagai berikut :
 - a. Struktur Sekunder
 - Dimensi Balok Anak = 30/40 cm
 - Dimensi Balok Lift = 25/40 cm
 - Tebal Plat Lantai = 120 mm
 - Tebal Pelat Tangga = 150 mm
 - b. Struktur Primer
 - Dimensi Balok Induk = 40/60 cm
 - Dimensi Kolom = 75/75 cm
 - Tebal Basement = 25 cm
2. Penyambungan elemen pracetak struktur balok induk dengan kolom menggunakan sambungan basah dan konsol pendek. Untuk elemen plat-balok menggunakan sambungan *lap splices*, sedangkan sambungan balok anak – balok induk menggunakan angkur dan korbel.
3. Detailing sambungan pracetak dirancang bersifat monolit antar elemennya dengan tulangan-tulangan dan shear connector yang muncul dari setiap elemen pracetak untuk menyatukan dengan elemen cor di tempat. Sambungan didesain sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

4. Analisis gaya yang digunakan dalam perhitungan dalam tugas akhir ini menggunakan SAP 2000. Sedangkan pada perhitungan kolom menggunakan software tambahan lain yaitu PCACOL, lalu untuk penggambaran hasil perhitungan menggunakan software Autocad.
5. Dalam metode pelaksanaan pracetak dimulai dari proses fabrikasi-Transportasi-Penyimpanan-Pengangkatan-Pemasangan dan Pengecoran-Perawatan. Pada umur 3 hari beton-beton pracetak siap dikirim ke lokasi proyek dan ditempatkan di *stockyard* yang tersedia. DI lokasi proyek telah terpasang kolom (cor insitu) dan siap dilakukan pemasangan elemen balok induk pracetak terlebih dahulu, selanjutnya pemasagan balok anak pracetak dan kemudian pelat pracetak. Setelah semua elemen pracetak sudah terpasang dilanjutkan dengan pengecoran *overtopping* beton yang sebelumnya telah dipasang *scaffolding* untuk mereduksi tegangan yang terjadi.

5.2 Saran

Dari hasil analisa selama proses pengerjaan tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat disampaikan antara lain :

1. Proses pengerjaan bangunan menggunakan metode pracetak memerlukan pengawasan secara khusus terlebih lagi pada saat penyambungan pada elemen struktur sekunder maupun utamanya. Hal ini dikarenakan penggunaan metode pracetak sangat rawan pada bagian sambungan.
2. Jika ingin sambungan antar elemen pracetak kuat dan kokoh, maka pakai sambungan basah atau menerus. Akan tetapi ini memiliki akibat harga mahal (sewa scaffolding) dan butuh waktu agak lama.

Sedangkan jika ingin sambungan yang mudah dan praktik maka menggunakan sambungan konsul. Akan tetapi kekurangannya yaitu dari segi arsitektural kurang indah.

3. Perlu penelitian lebih lanjut perihal penggunaan metode pracetak pada gedung tinggi, terutama pada pemilihan sambungan yang dapat menjamin struktur yang disambung telah monolit. Terutama didaerah gempa tinggi.
4. Jangan takut untuk mempelajari hal-hal baru, sekalipun hal tersebut belum pernah disampaikan di dalam kurikulum perkuliahan.
5. Pertahankan apa yang telah dikerjakan, selama perencanaan maupun perhitungan yang dilakukan tidak keluar dari koridor peraturan.
6. Tetap harus mencoba dan pantang putus asa.

.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional, **“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)”**, Jakarta, 2013.
2. Badan Standarisasi Nasional, **“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)”**, Jakarta, 2012.
3. Badan Standarisasi Nasional, **“Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”**, Jakarta, 2013.
4. Departemen Pekerjaan Umum, **“Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG)”**, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983.
5. Departemen Pekerjaan Umum, **“Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI)”**, Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, 1971.
6. Kementerian Pekerjaan Umum, **“Peta Hazard Gempa Indonesia”**, Jakarta, 2010.
7. Husin, Nur Ahmad, ST. 2009. **“Struktur Beton”**, Surabaya.
8. Pamungkas, Anugrah, dan Harianti, Erny, **“Desain Pondasi Tahan Gempa”**, Yogyakarta, 2013.

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Achmad Chabibi, dilahirkan di Surabaya 06 Mei 1994, merupakan putra ke-enam dari enam bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK, SDU, SMP YAPITA Surabaya, SMAN 3 Surabaya. Setelah lulus SMA tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan di Diploma III Teknik Sipil ITS dan lulus tahun 2016. Kemudian selang satu tahun penulis kembali melanjutkan pendidikan ke tahap berikutnya yaitu dengan diterima di Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS Tahun 2017 terdaftar dengan NRP 10111715000038. Di jurusan Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi konsentrasi Bangunan Gedung. Penulis aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan di beberapa kegiatan serta aktif dalam organisasi yang ada selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis sempat mengikuti kegiatan magang kerja di “CV. Biru Bumi Hijau (Konsultan Penyelaras Teknik)” Kalijudan, Surabaya. Sebuah Tugas Akhir Terapan berjudul “*Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Hotel Pesona Pekanbaru Menggunakan Beton Pracetak*” menjadi karya yang mengantarkan penulis menuju gerbang kelulusan gelar Sarjana Teknik Terapan. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk merencanakan bangunan gedung struktur beton pracetak yang kuat dan kokoh. Komunikasi dengan penulis dapat dilakukan melalui achmadchabibi94@gmail.com atau menghubungi 085731552260.

[illegible]



Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600
Tinggi, H (mm) : 200 ; 400
Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ) : 530 kg/m³
Berat jenis normal, (ρ) : 600 kg/m³
Kuat tekan, (σ) : $\geq 4,0$ N/m²
Konduktifitas termis, (λ) : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



30 x 30



TECHNICAL DATA

ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARWANA	ISO	UNIT	WALL TILE ARWANA	ISO
Size Tolerance	%	+/- 0.5	+/- 0.6	%	(-0.2 - (+0.52))	(-0.3 - (+0.8))
Thickness Tolerance	%	+/- 4.0	+/- 5.0	%	+/- 4.0	+/- 10
Rectangularity	%	+/- 0.4	+/- 0.6	%	+/- 0.3	+/- 0.3
Straightness of sides	%	+/- 0.4	+/- 0.5	%	+/- 0.3	+/- 0.3
Curvature						
a. Center Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(-0.2 - (+0.8))	(-0.2 - (+0.8))
b. Edge Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(-0.2 - (+0.8))	(-0.2 - (+0.8))
c. Warpage	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200	min 150
Water Absorption	%	6 - 9	6 <= 10	%	> 10	> 10
Crazing Resistance	Required (5 bar)	Required (5 bar)			Required (5 bar)	Required (5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	M ² /BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Arwana Ceramic Tiles

Contact us :

Head Office

PT. ARWANA CITRAMULLA TM
Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Jakarta 11610
Phn: +62 21 5830 2363
Fax: +62 21 5830 2361
E-mail: info@arwanacitra.com
Website: www.arwanacitra.com

Sole Distributor

PT PRIMAGRAHA KERAMINDO
Sentra Niaga Puri Indah Blok T5 No. 16-17
Kembangan Selatan, Jakarta 11610
Phn: +62 21 5835 9119
Fax: +62 21 5835 8008
E-mail: info@pgk.arwanacitra.com

Factories

PLANT I:
PT. ARWANA CITRAMULLA (ACM)
Jl. Raya Pasar Kemis
Tangerang 15133, Banten
Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
Email: info@acm.arwanacitra.com

PLANT II:
PT. ARWANA NUANS KERAAMIK (ANK)
Jl. Raya Gorda, Desa Kibin Km 69
Cikande - Serang, Banten
Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364
Email: info@ank.arwanacitra.com

PLANT III:
PT. SINAR KARYA DUTA ARADI (SKDA)
Jl. Wringin Anom Raya Km. 33
Desa Wringin Anom, Kb. Gresik
Jawa Timur
Phn: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679
Email: info@skda.arwanacitra.com



DINDING



◆ Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan bata.
- Ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak $\pm 2-2,5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



40kg

Acian dinding dan plester

◆ Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expose interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$



30kg

◆ Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat



30kg

Acian dinding plester dan beton

◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$



30kg

◆ SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak $9-11 \text{ m}^2/20 \text{ kg}$



20kg



◆ Thinbed 101 TB101

- Perekat bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{mm}$ (40 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Cepat dalam pengerjaannya



40kg

Khusus
Bata Ringan

◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak $\pm 4,5-6,5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$ (50 kg) (ukuran blok $20 \times 60 \times 10 \text{ cm}$)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg



Produk lainnya

◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm



40kg

◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

◆ Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

NUSABOARD adalah lembaran rata-kadum dilak yang diproduksi oleh **PT. Nusantara Building Industries** sejak tahun 2006. Dibuat dari bahan baku pilihan yang berkualitas tinggi dari rumah lingkungan.
NUSABOARD diproduksi dengan menerapkan teknologi **Autoclave** sehingga menghasilkan produk yang stabil dan tidak mengalami mutasi susut oleh kelembaban dan suhu udara.
NUSABOARD sangat cocok diaplikasikan sebagai bahan plafon, partisi, dinding luar bahkan untuk panel lantai. Jenis rangka yang digunakan bisa berupa kayu atau baja.

Ukuran Standar

Metrik : 2400 mm x 1200 mm Imperial : 2440 mm x 1220 mm

Spesifikasi

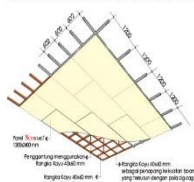
UKURAN (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg)		APLIKASI	JENIS RANGKA
		per lembar	per m ²		
1000 x 1000	3	4.3	1.49	Plafon	Kayu
2400 x 1200	3.5	14.5	5.03	Plafon	Kayu
1195 x 595*		3.5	1.22		
2440 x 1220		15	5.21		
2400 x 1200	4.5	18.5	6.42	Plafon	Hollow
2440 x 1220		4.5	1.56		
		19	6.40		
2400 x 1200	6	24.5	8.51	Plafon	Hollow
2440 x 1220*		6.1	2.12	Partisi dalam	Hollow, Kayu dan Metal stud
		25	8.48		
2400 x 1200*	8	32	11.11	Partisi dalam	Metal stud
2400 x 1200	9	36	12.50	Partisi dalam	Metal stud
2440 x 1220*		38	13.19	Dinding luar	Baja
2400 x 1200*	10	40	13.88	Dinding luar	Baja
2400 x 1200*	12	48	16.47	Dinding luar	Baja
2440 x 1220*		51	17.71		
2400 x 1200*	20	82.7	28.72	Lantai, das	Baja

* Produk dibuat sesuai pemesanan

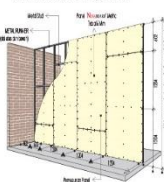
Aksesoris

Paku NUSABOARD	Sekrup NUSABOARD	Nusa Compound
		
Berfungsi untuk pengikat panel Nusaboard pada rangka kayu.	Berfungsi untuk pengikat panel Nusaboard pada rangka Hollow dan Metal.	Untuk penutup sambungan antar panel.
• ukuran 2 x 25 mm	• ukuran 3.5 x 20 mm untuk plafon • ukuran 3.5 x 25 mm untuk partisi	

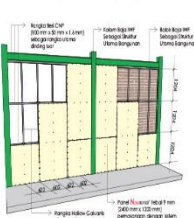
Aplikasi Plafon Pada Rangka Kayu dan Rangka Hollow



Aplikasi Partisi Pada Rangka Metal



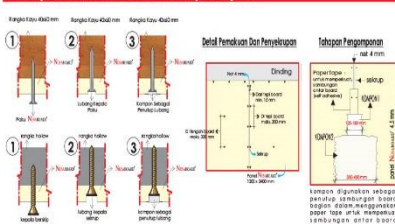
Aplikasi Dinding Luar Pada Rangka Baja CNP



Aplikasi Lantai Pada Rangka Baja



Tahapan Pemakuan Dan Penyekrupan



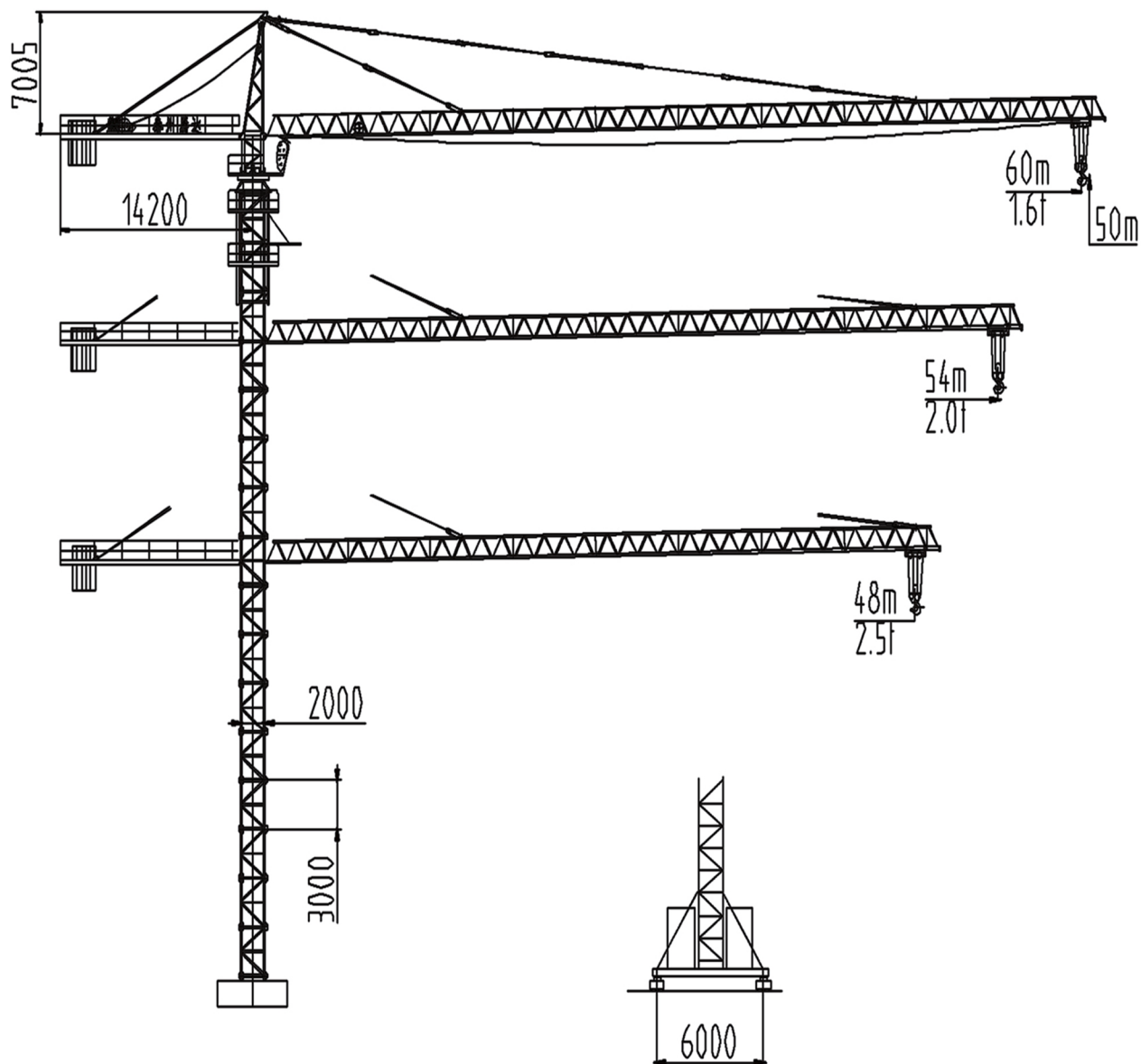
* Keterangan : Sesuai gambar menggariskan pemasangan

Tentang Tower Crane

Semua produk Tower Crane Tengda adalah yang pertama menggunakan mekanisme 2 (dua) perputaran (dual slewing), performansi mesin stabil dan lebih baik dalam daya tahan terhadap angin.

Mengikuti kebutuhan pasar, produk Taizou Tengda Group meliputi :

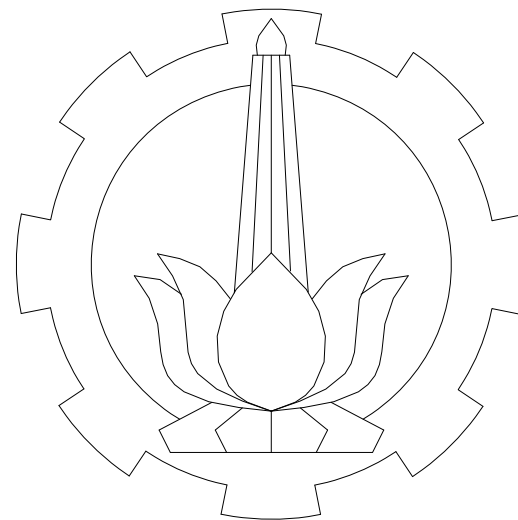
1. Tower Crane secara umum : QTZ 100, QTZ 280, QTZ 263, QTZ 240
2. Tower Crane untuk beban berat : QTZ 400, QTZ 315, QTZ 250, QTZ 160, QTZ 125
3. Tower Crane tipe toples : PT 6015, PT 5613, PT 5510, PT 5210, PT, 4807
4. Tower Crane tipe luffing, etc



R	a	R (max) m	C (max) t	18	24	30	36	42	48	54	60
60	4	13.33	10.00	7.08	5.05	3.86	3.08	2.52	2.11	1.79	1.53
	2	24.49	5.00	5.00	5.00	3.93	3.15	2.59	2.18	1.86	1.60
54	4	14.05	10.00	7.53	5.38	4.12	3.29	2.71	2.27	1.93	
	2	25.85	5.00	5.00	5.00	4.19	3.36	2.78	2.34	2.00	
48	4	14.75	10.00	7.97	5.71	4.38	3.51	2.90	2.43		
	2	27.2	5.00	5.00	5.00	4.45	3.58	2.97	2.50		

GAMBAR RENCANA TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN HOTEL PESONA PEKANBARU MENGGUNAKAN BETON PRACETAK



ACHMAD CHABIBI
NRP. 10111715000038

DOSEN PEMBIMBING :

Prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan, M EngSc. PhD
NIP. 19730710 199802 1 002

Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM STUDI D4 LANJUT JENJANG**

DAFTAR GAMBAR RENCANA

GEDUNG HOTEL PESONNA PEKANBARU



TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

KETERANGAN

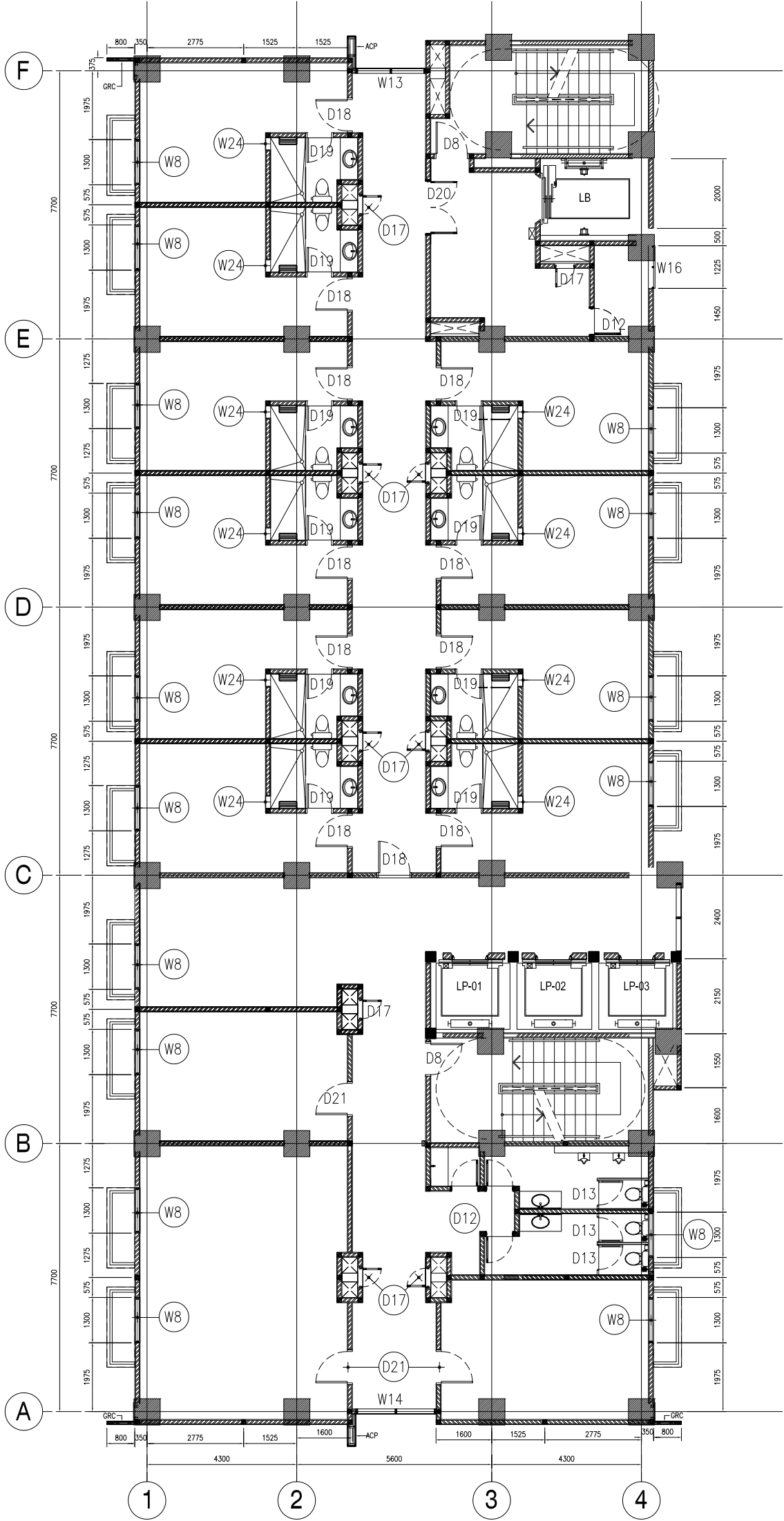
Mutu Bahan :

- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 ($F_y = 400$ Mpa)
 - Struktural = BJ 41 ($f_y = 240$ Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

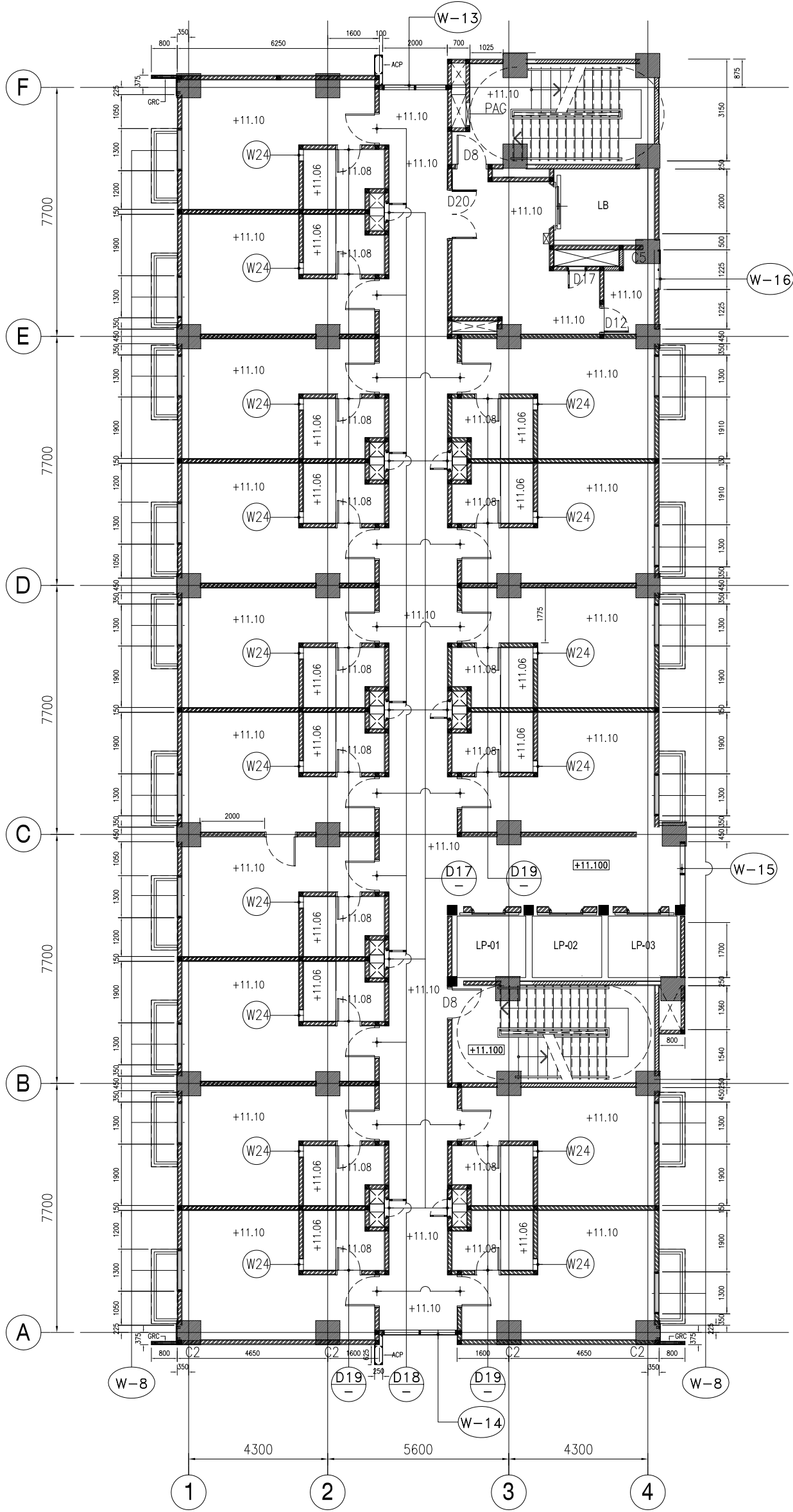
KODE GAMBAR NO.GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
	C O V E R	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
GAMBAR ARSITEKTUR			
ARS - 1	DENAH ARSITEKTUR LT. BASEMEN	1 : 175	01
ARS - 2	DENAH ARSITEKTUR LT. GROUND	1 : 175	02
ARS - 3	DENAH ARSITEKTUR LT. 1	1 : 150	03
ARS - 4	DENAH ARSITEKTUR LT. 2	1 : 150	04
ARS - 5	DENAH ARSITEKTUR LT. 3 - LT. 8	1 : 150	05
ARS - 6	TAMPAK DEPAN + BELAKANG	1 : 175	06
ARS - 7	TAMPAK SAMPING KANAN	1 : 175	07
ARS - 8	TAMPAK SAMPING KIRI	1 : 175	08
ARS - 9	POTONGAN A-A	1 : 250	09
ARS - 10	POTONGAN B-B	1 : 250	10
GAMBAR STRUKTUR			
STR - 1	DENAH KOLOM LT. BASEMEN (Eiv.-3.00)	1 : 175	11
STR - 2	DENAH BALOK + KOLOM LT. GF (Eiv. ±0.00)	1 : 175	12
STR - 3	DENAH BALOK + KOLOM LT. 1 (Eiv.+4.50)	1 : 150	13
STR - 4	DENAH BALOK + KOLOM LT. 2 (Eiv.+7.80)	1 : 150	14
STR - 5	DENAH BALOK + KOLOM LT. 3 s/d LT.8	1 : 150	15
STR - 6	PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE A	1 : 50	16
STR - 7	PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE B	1 : 50	17
STR - 8	PENULANGAN PELAT PRACETAK TIPE C	1 : 50	18
STR - 9	DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK LT. 1 (Eiv.+4.50)	1 : 150	19
STR - 10	DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK LT. 2 s/d LT.8	1 : 150	20

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
GAMBAR STRUKTUR			
STR - 11	PORTAL MEMANJANG INTERIOR	1 : 150	21
STR - 12	PORTAL MELINTANG INTERIOR	1 : 150	22
STR - 13	PENULANGAN BALOK INDUK BI-1	1 : 25	23
STR - 14	PENULANGAN BALOK INDUK BI-2	1 : 25	24
STR - 15	PENULANGAN BALOK INDUK BI-3	1 : 25	25
STR - 16	PENULANGAN BALOK ANAK BA-1	1 : 25	26
STR - 17	PENULANGAN BALOK ANAK BA-2	1 : 25	27
STR - 18	PENULANGAN BALOK ANAK BA-3	1 : 25	28
STR - 19	DETAIL PENULANGAN KOLOM	1 : 50	29
STR - 20	SAMBUNGAN BALOK - KOLOM	1 : 20	30
STR - 21	SAMBUNGAN BALOK INDUK - BALOK ANAK	1 : 10	31
STR - 22	SAMBUNGAN BALOK INDUK - PELAT	1 : 15	32
STR - 23	SAMBUNGAN BALOK ANAK - PELAT	1 : 15	33
STR - 24	PENULANGAN TANGGA	1 : 150	34
STR - 25	DENAH + POTONGAN BALOK LIF	1 : 75	35
STR - 26	PENULANGAN BALOK LIFT	1 : 75	36
STR - 27	POSISI DAN JANGKAUAN TOWER CRANE	1 : 25	37




DENAH ARSITEKTUR LT.2
SKALA ~ 1:150



DENAH ARSITEKTUR LT. 3-8

SKALA ~ 1:150



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

TAMPAK DEPAN

TAMPAK BELAKANG

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1 : 175

KETERANGAN

Mutu Bahan :
1. Mutu Baja
- Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
- Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
2. Mutu Beton :
- Str. Primer = 35 Mpa
- Str. Sekunder = 30 Mpa

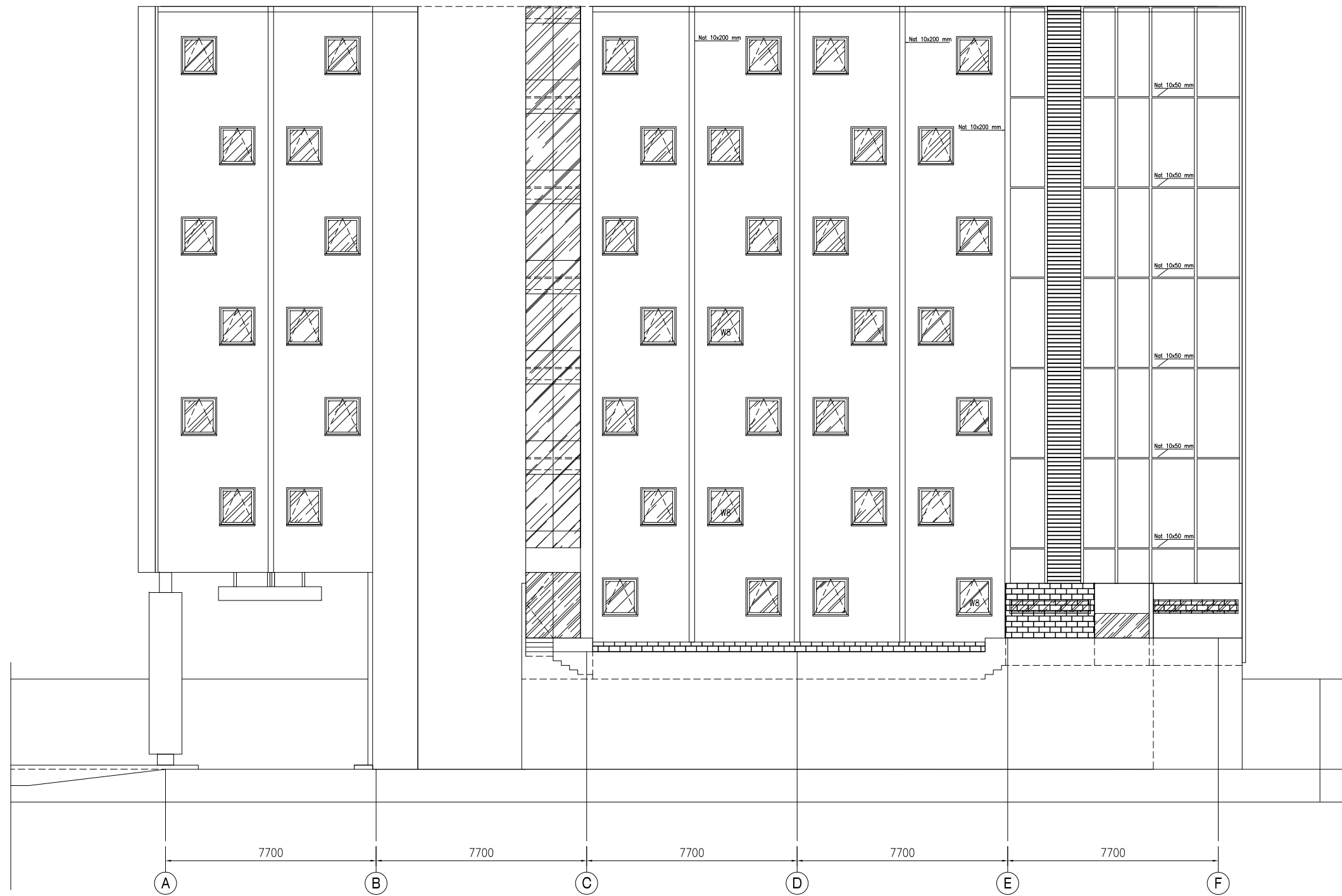
KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
ARS - 6	06

TAMPAK DEPAN

SKALA ~ 1:175


TAMPAK BELAKANG

SKALA ~ 1:175



TAMPAK SAMPING KANAN

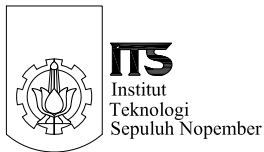
SKALA ~ 1:175

<div><div></div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>	
TUGAS AKHIR TERAPAN	
PROGRAM STUDI LANJUT JENJANG DIV TEKNIK SIPIL FAK. VOKASI ITS	
TUGAS AKHIR TERAPAN	
Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru Menggunakan Beton Pracetak	
MAHASISWA	
Achmad Chabibi (10111715000038)	
DOSEN PEMBIMBING I	
Prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan, M.EngSc.PhD NIP : 19630726 198903 1 003 Yuyun Tajunnisa ST. MT NIP : 19780201 200604 2 002	
NAMA GAMBAR	
TAMPAK SAMPING KANAN	
SKALA GAMBAR	
SKALA ~ 1 : 175	
KETERANGAN	
Mutu Bahan : 1. Mutu Baja - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa) - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa) 2. Mutu Beton : - Str. Primer = 35 Mpa - Str. Sekunder = 30 Mpa	
KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
ARS - 7	07



TAMPAK SAMPING KIRI

SKALA ~ 1:175



TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

TAMPAK SAMPING KIRI

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1 : 175

KETERANGAN

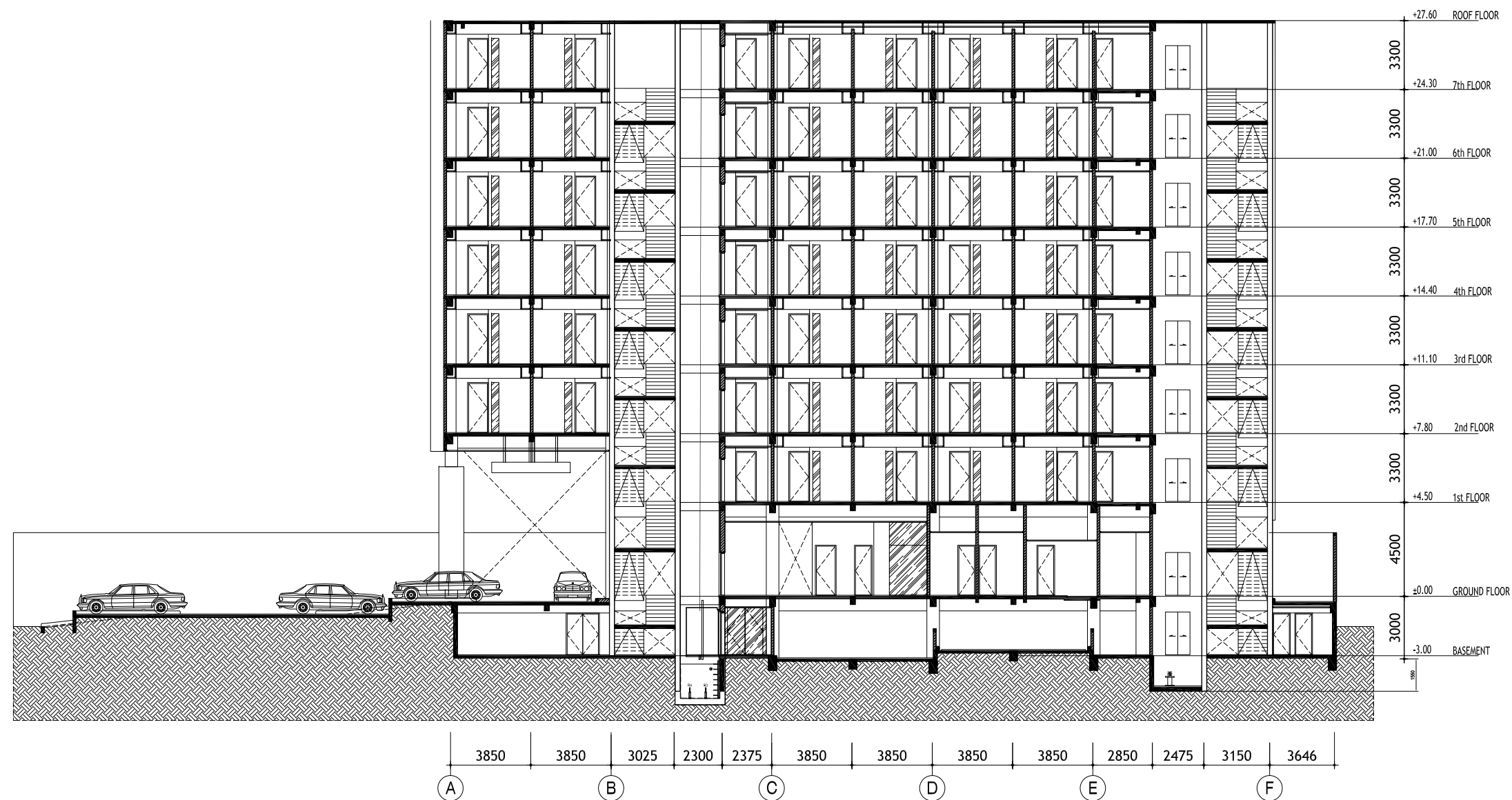
Mutu Bahan :

- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR NO.GAMBAR

ARS - 8

08



POTONGAN A-A

SKALA ~ 1:250



TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1 : 250

KETERANGAN

Mutu Bahan :

- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR NO.GAMBAR

ARS - 9

09

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

POTONGAN C-C

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1 : 250

KETERANGAN

Mutu Bahan :

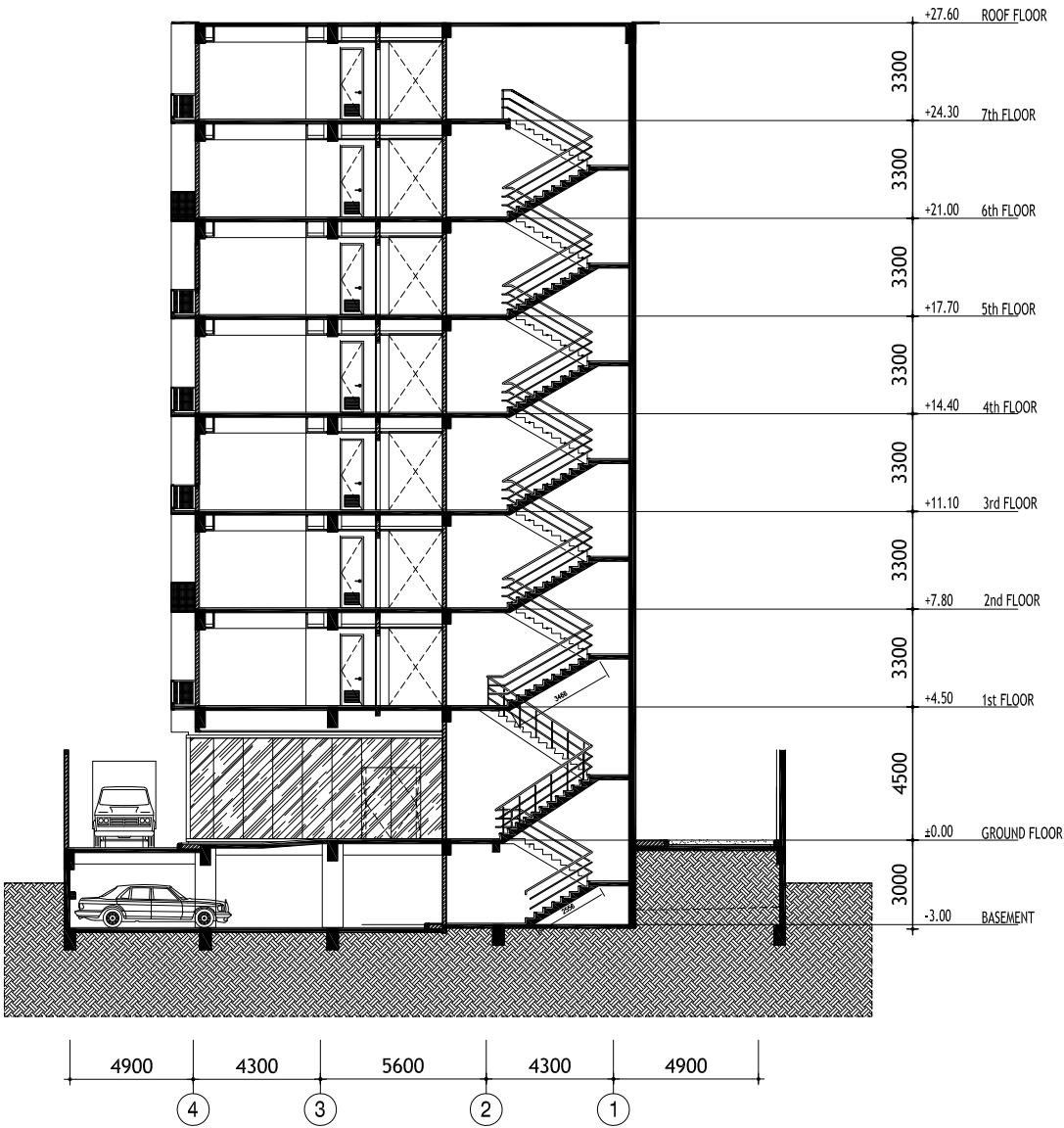
1. Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
2. Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR

NO.GAMBAR

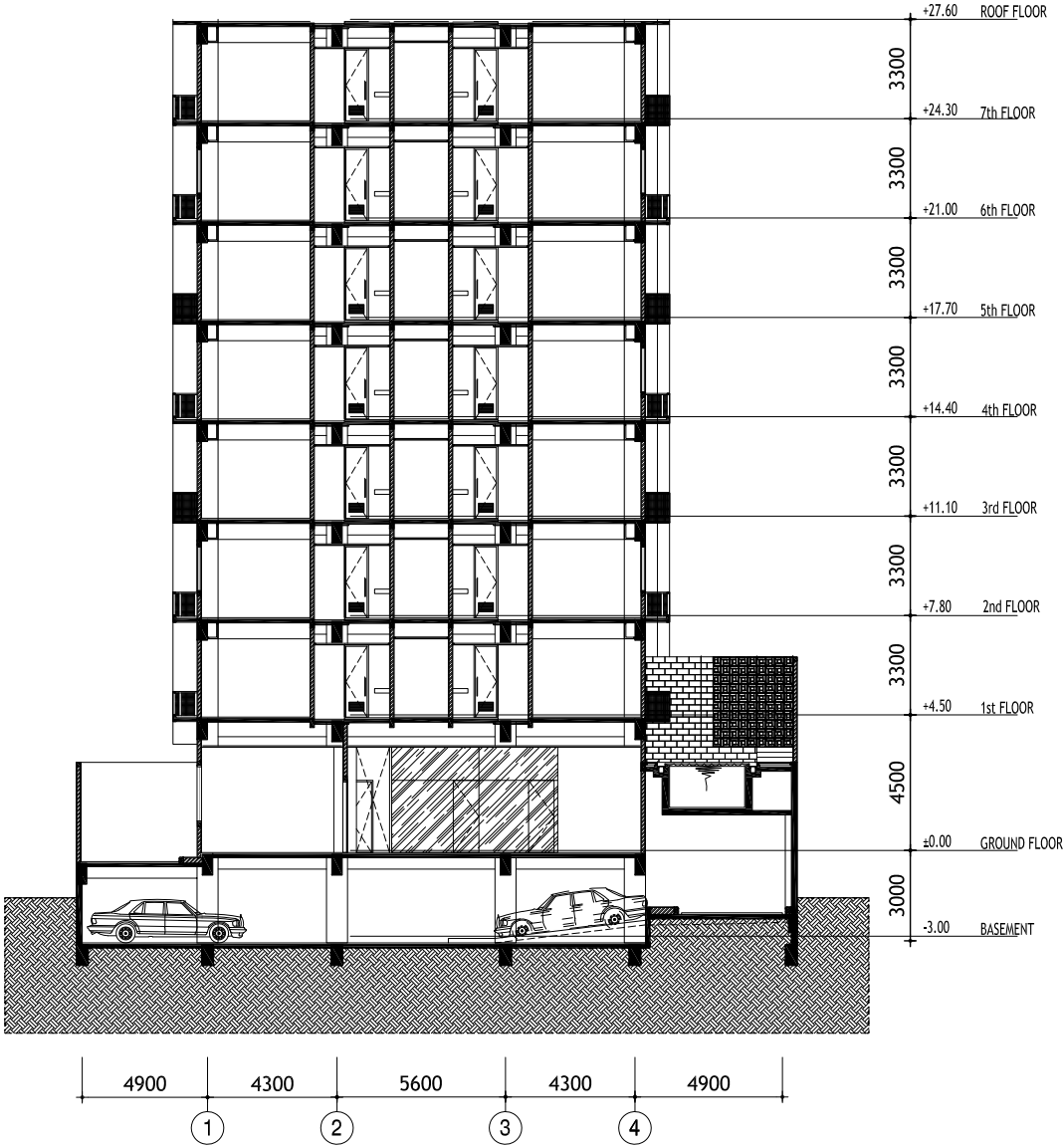
ARS - 10

10



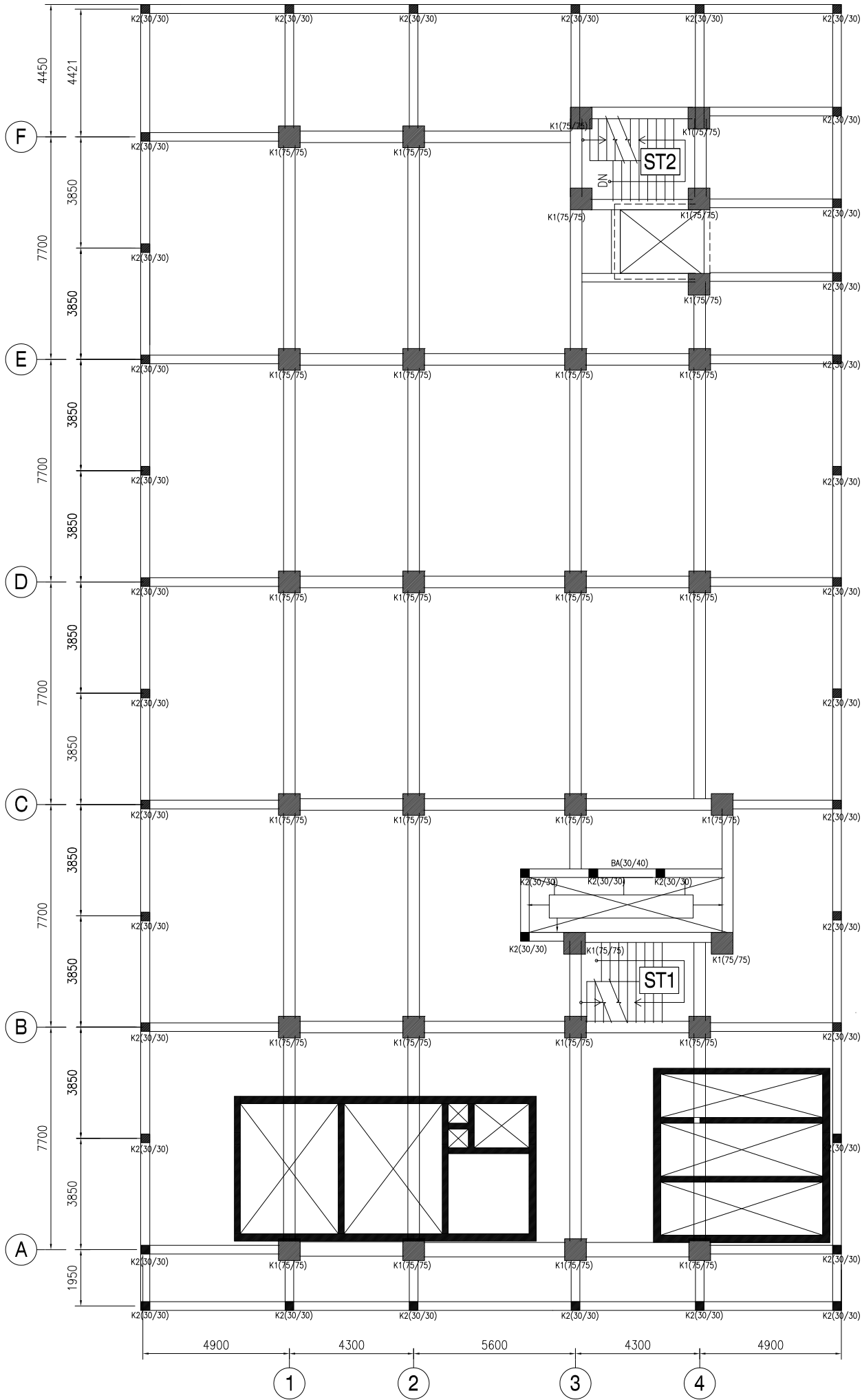
POTONGAN B-B

SKALA ~ 1:250



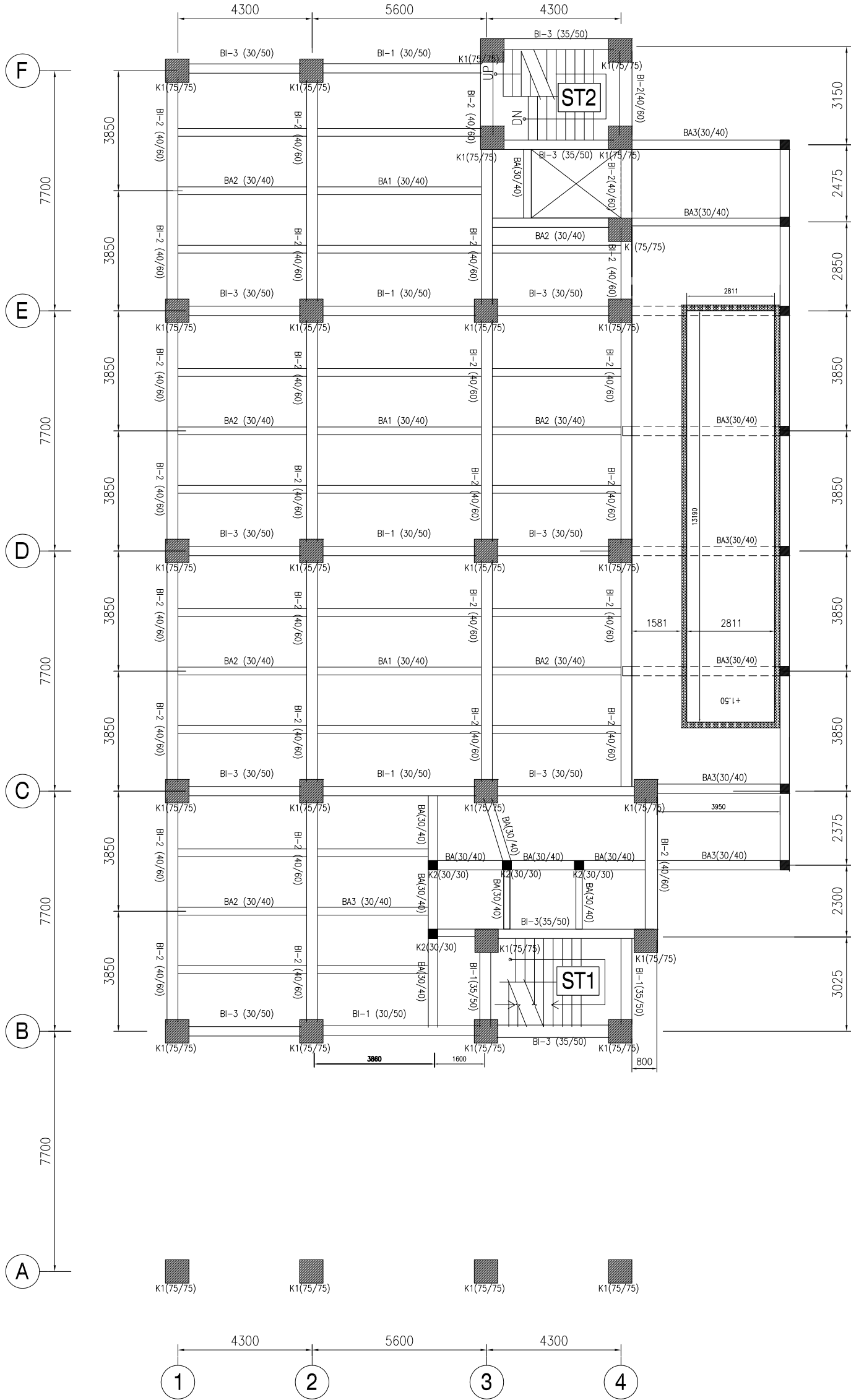
POTONGAN C-C

SKALA ~ 1:250



DENAH KOLOM LT. BASEMEN (Elv.-3.00)

SKALA ~ 1:175



DENAH BALOK & KOLOM LT. 1 (ELv.+4.50)

SKALA ~ 1:150

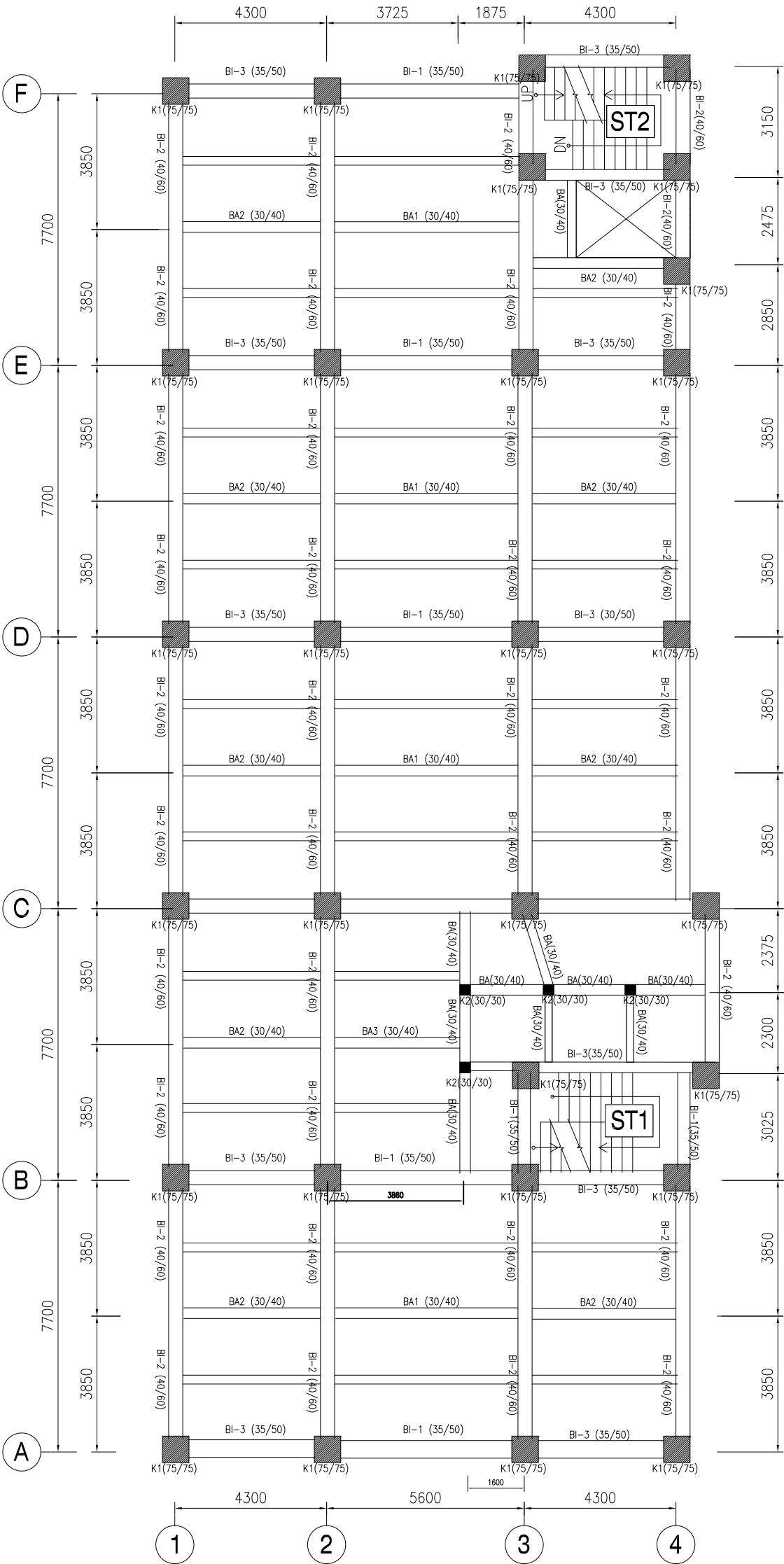
- Mutu Bahan :
1. Mutu Baja

- Tulangan = BJTD 40 (fy = 400 Mpa)

- Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
2. Mutu Beton :

- Str. Primer = 35 Mpa

- Str. Sekunder = 30 Mpa



DENAH BALOK & KOLOM LT. 2 (Elev.+7.80)

SKALA ~ 1:150

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN
PELAT PRACETAK TIPE A

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1: 50

KETERANGAN

Mutu Bahan :

1. Mutu Baja

- Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)

- Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
2. Mutu Beton :

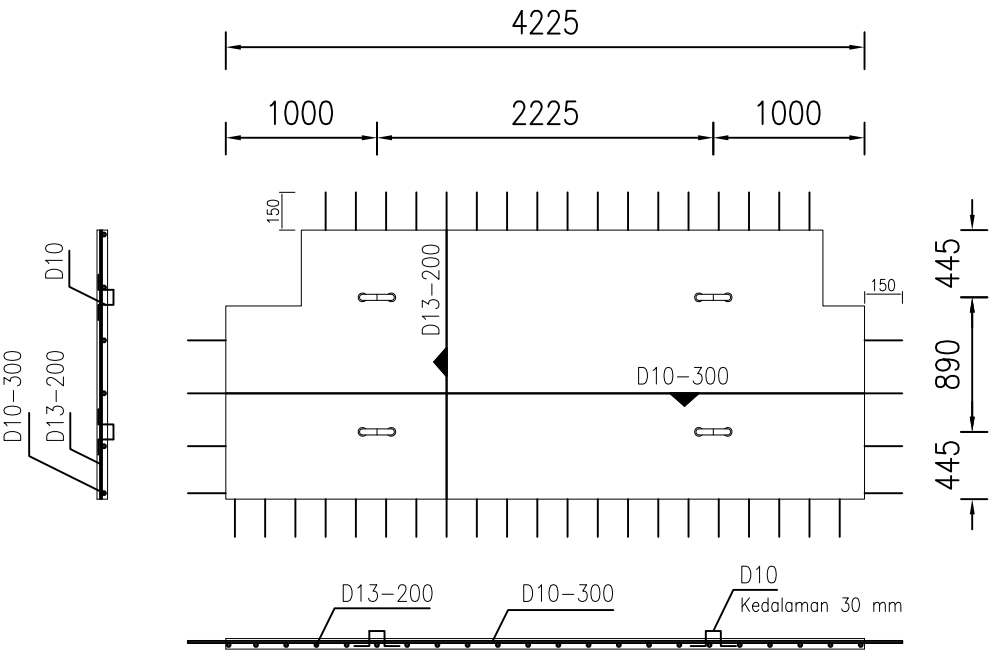
- Str. Primer = 35 Mpa

- Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
-------------	-----------

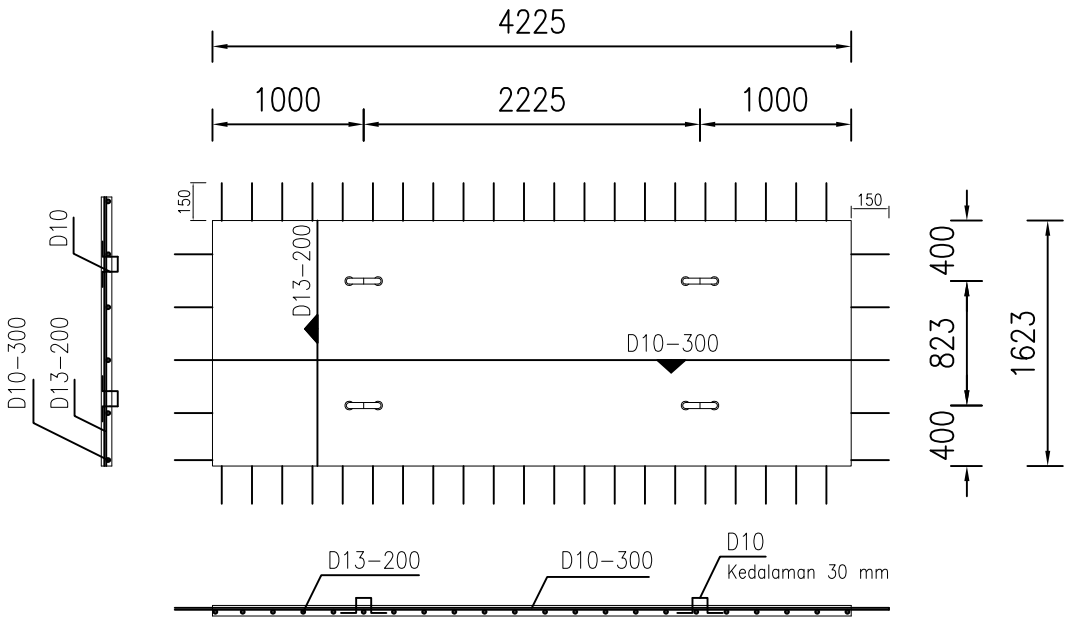
STR - 6

16



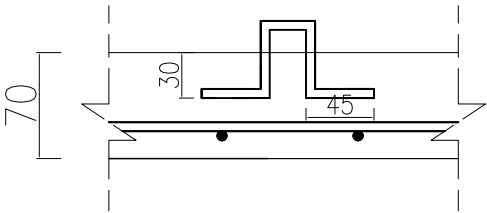
Penulangan Plat Pracetak Tipe A1

SKALA ~ 1: 50



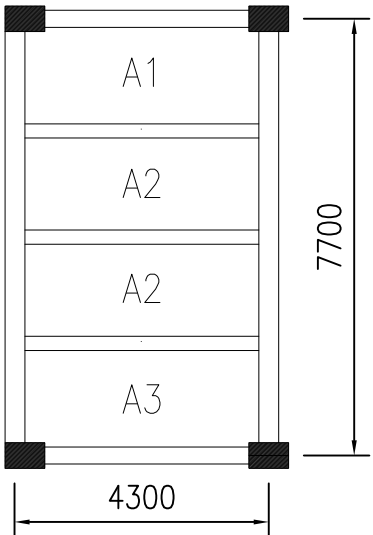
Penulangan Plat Pracetak Tipe A2

SKALA ~ 1: 50

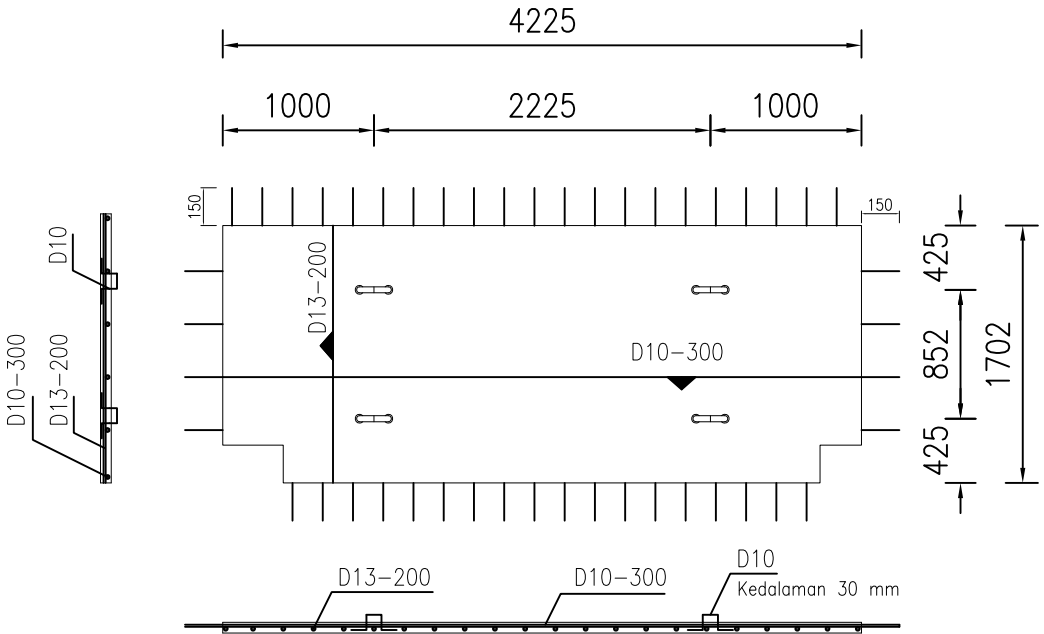


Detail Tul. Angkat

SKALA ~ 1: 50



TABEL PELAT PRECAST						
TIPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (bh)
A1	20	70	1800	4225	1278	62
A2	20	70	1623	4225	1152	124
A3	20	70	1702	4225	1208	70



Penulangan Plat Pracetak Tipe A3

SKALA ~ 1: 50

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN
PELAT PRACETAK TIPE B

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1: 50

KETERANGAN

Mutu Bahan :

1. Mutu Baja

- Tulangan

- Struktural

= BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)

= BJ 41 (fy = 240 Mpa)
2. Mutu Beton :

- Str. Primer

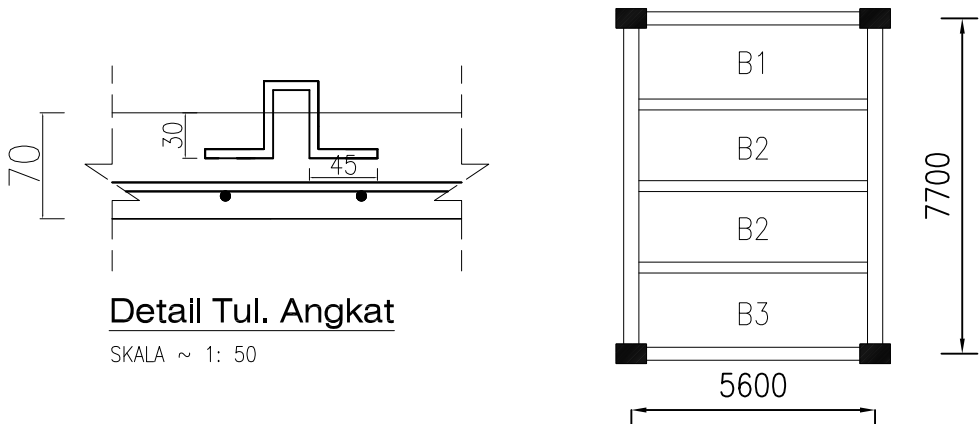
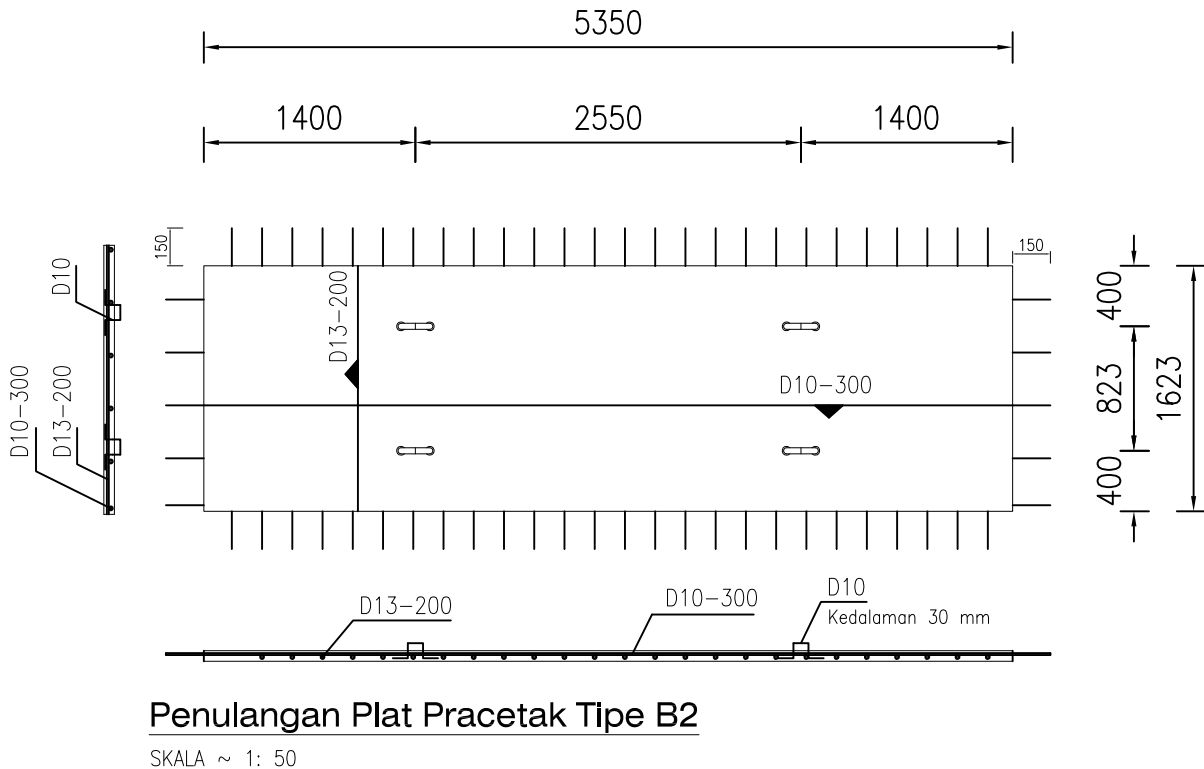
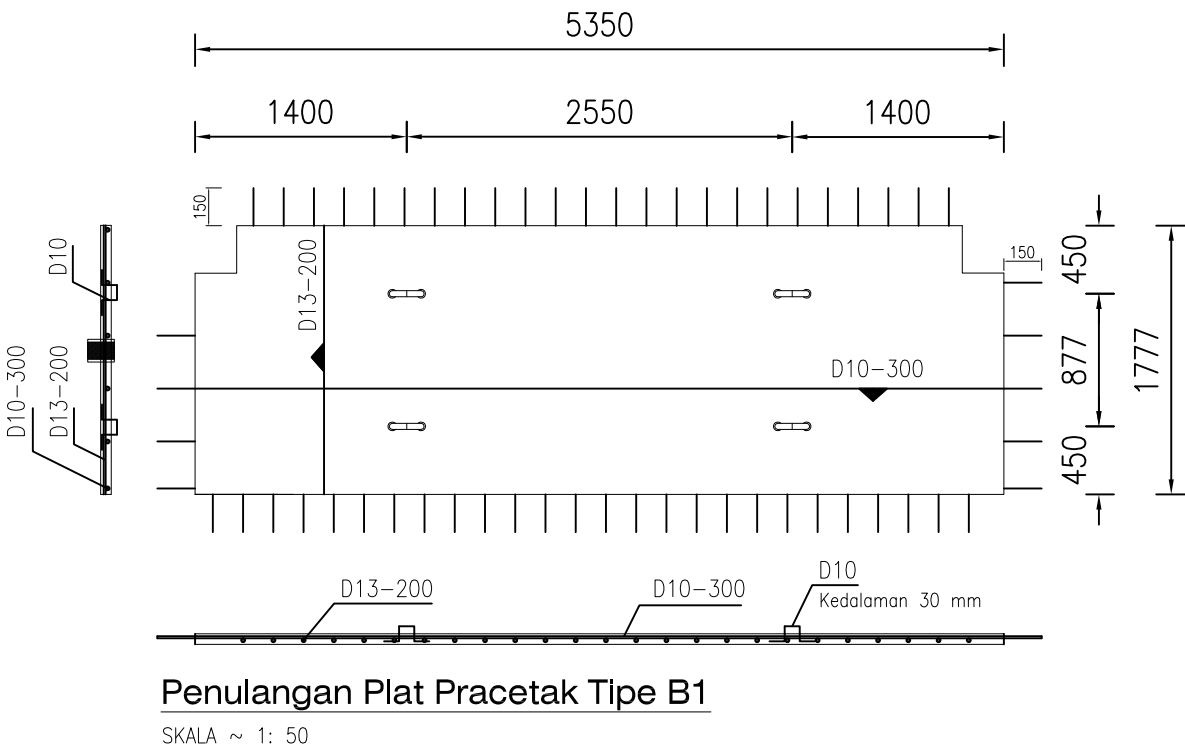
- Str. Sekunder

= 35 Mpa

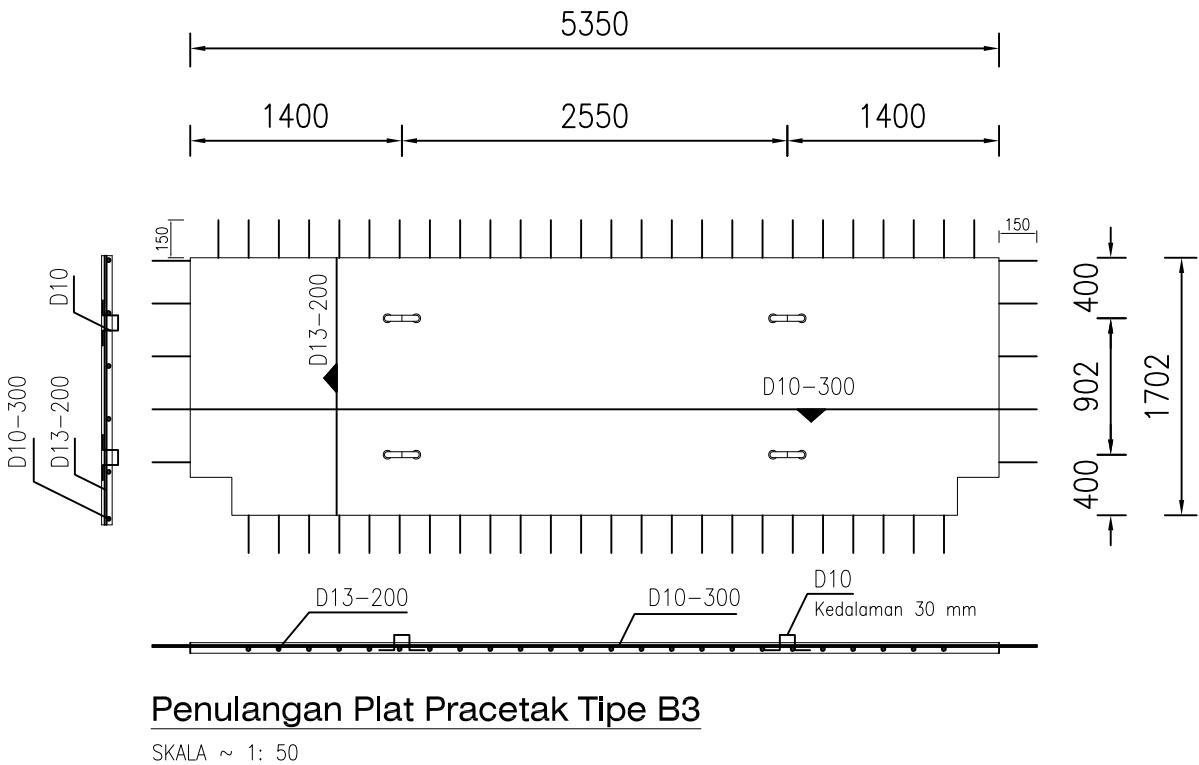
= 30 Mpa

KODE GAMBARNO.GAMBAR

STR - 717



TABEL PELAT PRECAST						
TIPE PELAT	T.SELIMUT (mm)	T.PELAT (mm)	Lx (mm)	Ly (mm)	BERAT (kg)	JUMLAH (bh)
B1	20	70	1800	5350	1618	31
B2	20	70	1623	5350	1459	62
B3	20	70	1702	5350	1529	31



TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN
PELAT PRACETAK TIPE C

SKALA GAMBAR

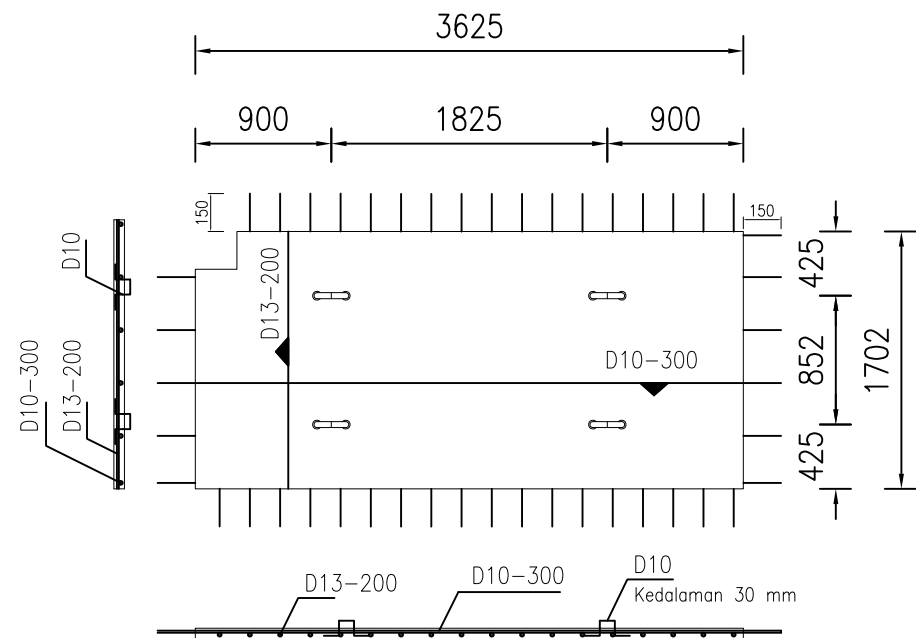
SKALA ~ 1: 50

KETERANGAN

- Mutu Bahan :
- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
 - Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

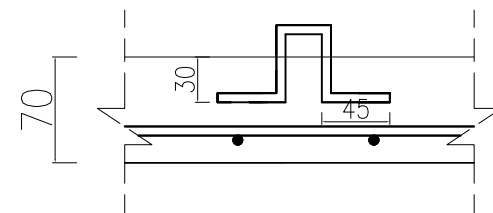
KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
-------------	-----------

STR - 8	18
---------	----



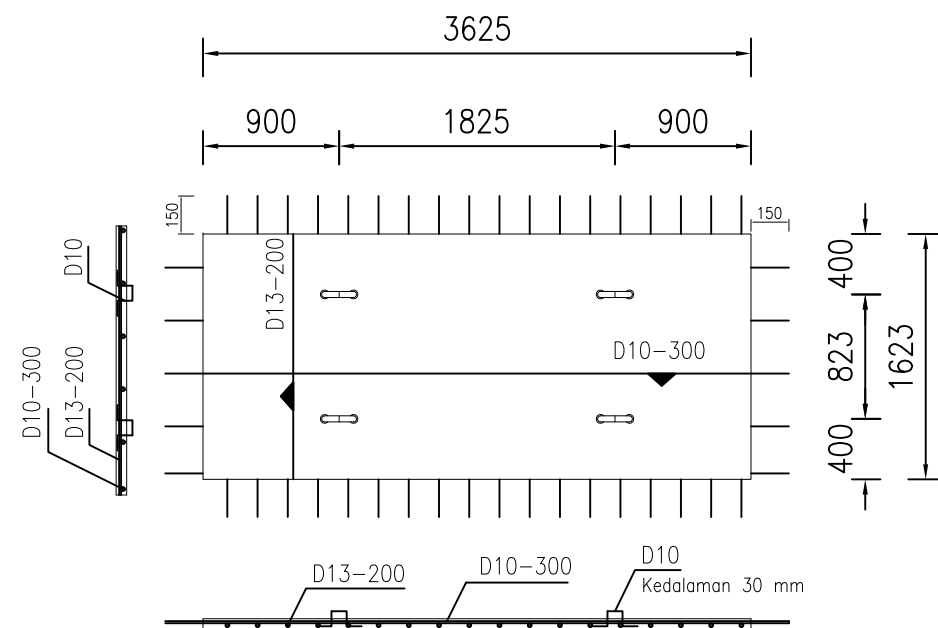
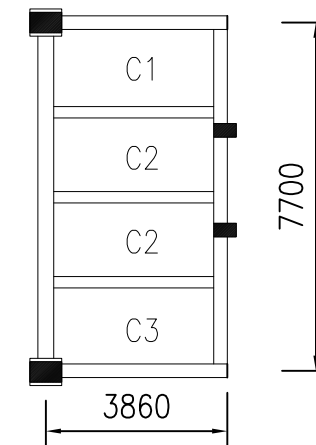
Penulangan Plat Pracetak Tipe C1

SKALA ~ 1: 50



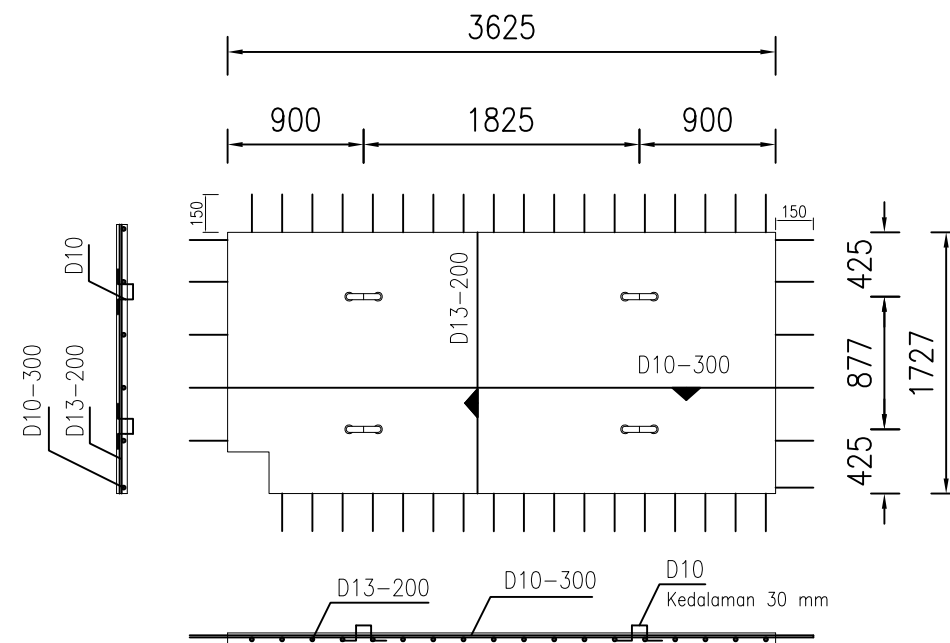
Detail Tul. Angkat

SKALA ~ 1: 50



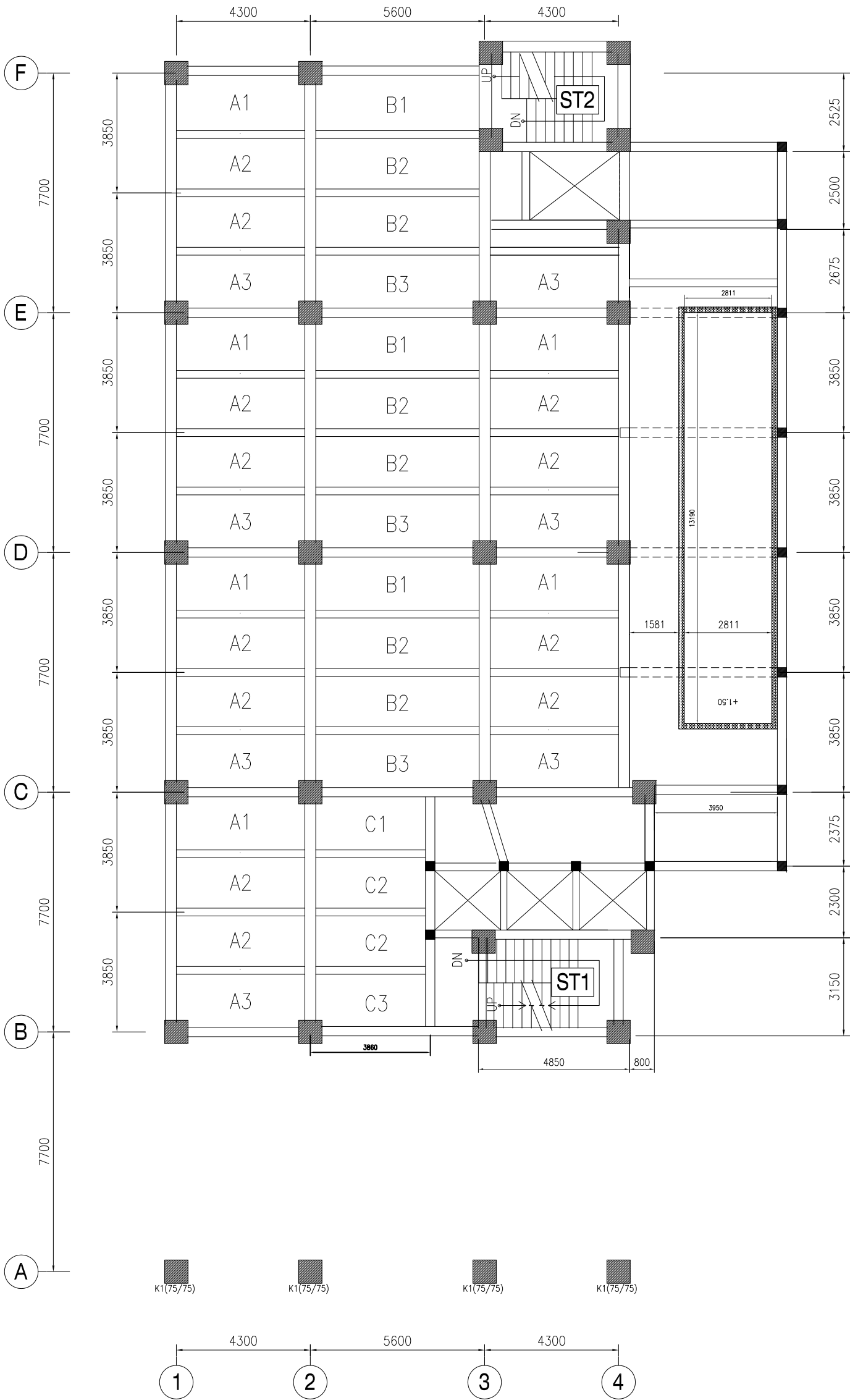
Penulangan Plat Pracetak Tipe C2

SKALA ~ 1: 50



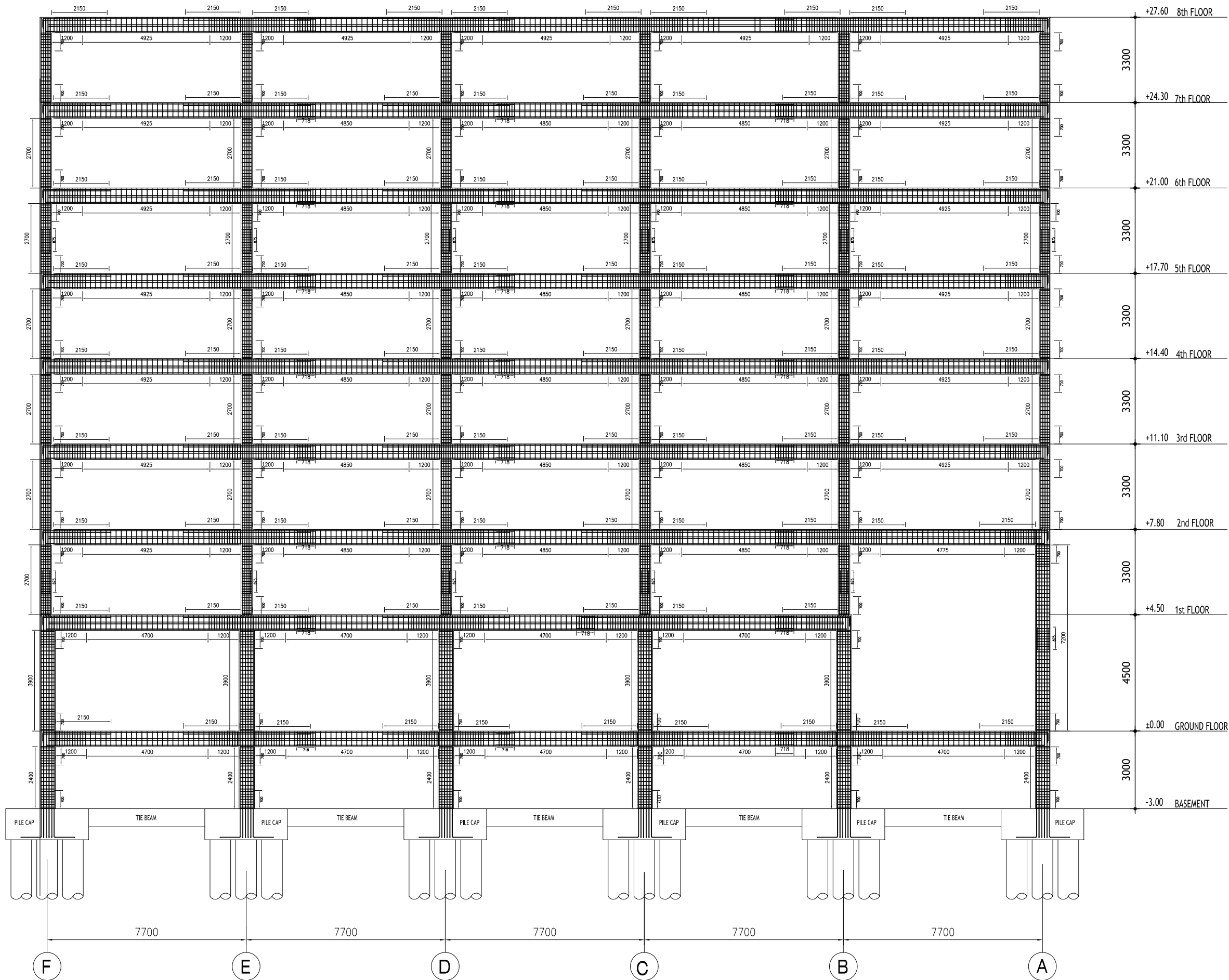
Penulangan Plat Pracetak Tipe C3

SKALA ~ 1: 50



DENAH PEMASANGAN PELAT PRACETAK LT. 1 (Elv.+4.50)

SKALA ~ 1:150



PORTAL MEMANJANG INTERIOR
SKALA ~ 1:150

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK BI-1

SKALA GAMBAR

SKALA 1 : 25

KETERANGAN

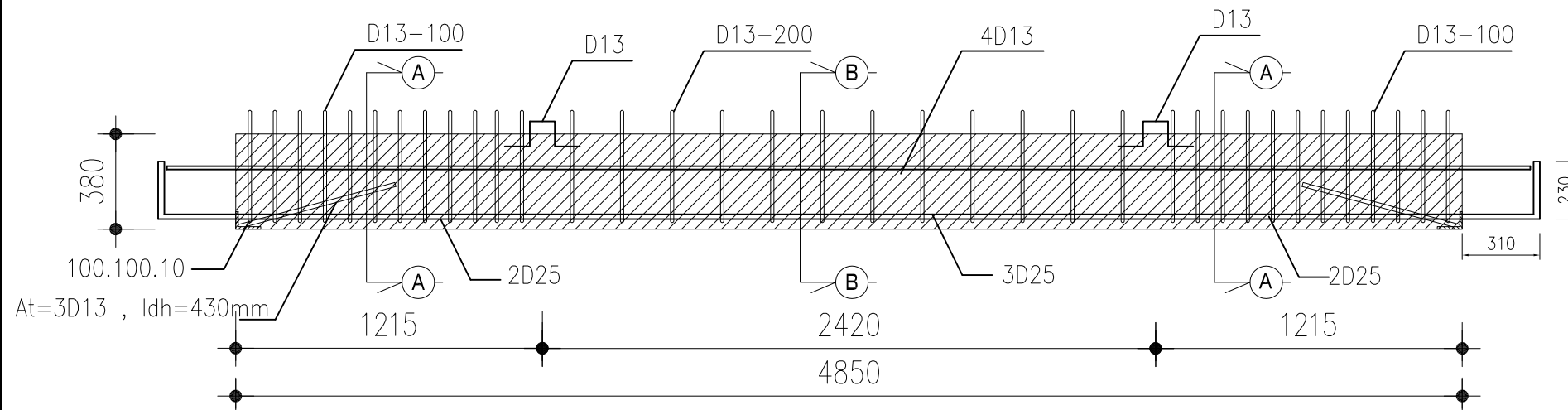
Mutu Bahan :

- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR NO.GAMBAR

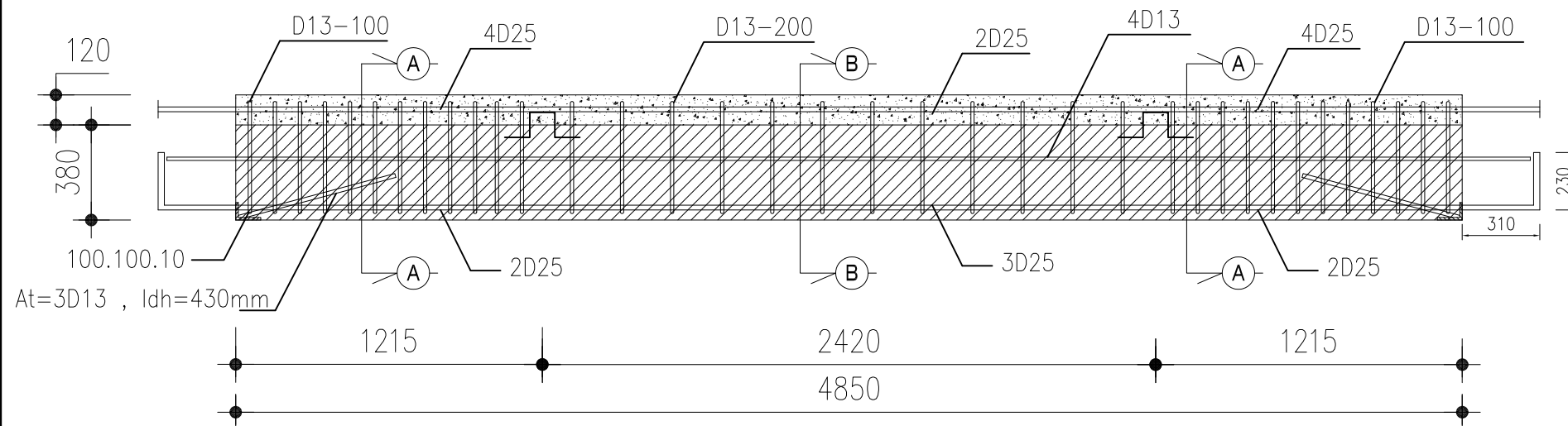
STR - 13

23



Penulangan Sebelum Komposit Balok Induk BI-1

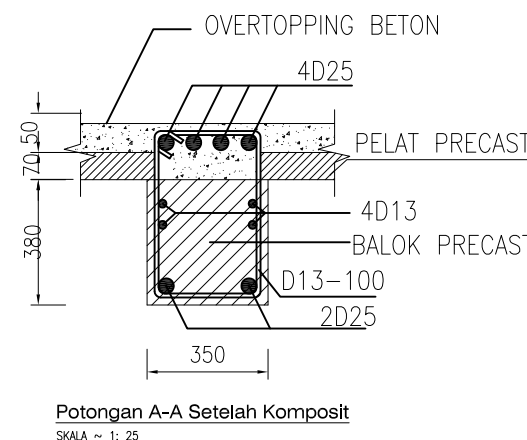
SKALA ~ 1: 25



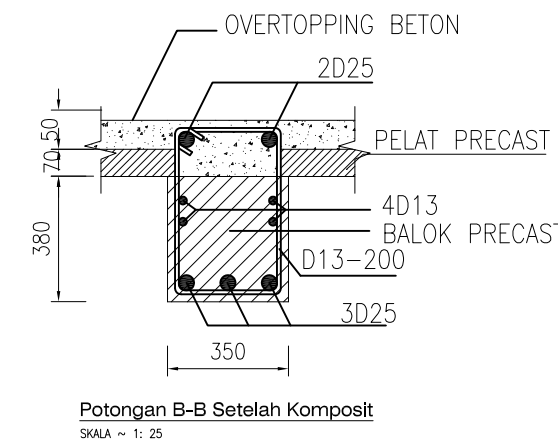
Penulangan Sesudah Komposit Balok Induk BI-1

SKALA ~ 1: 25

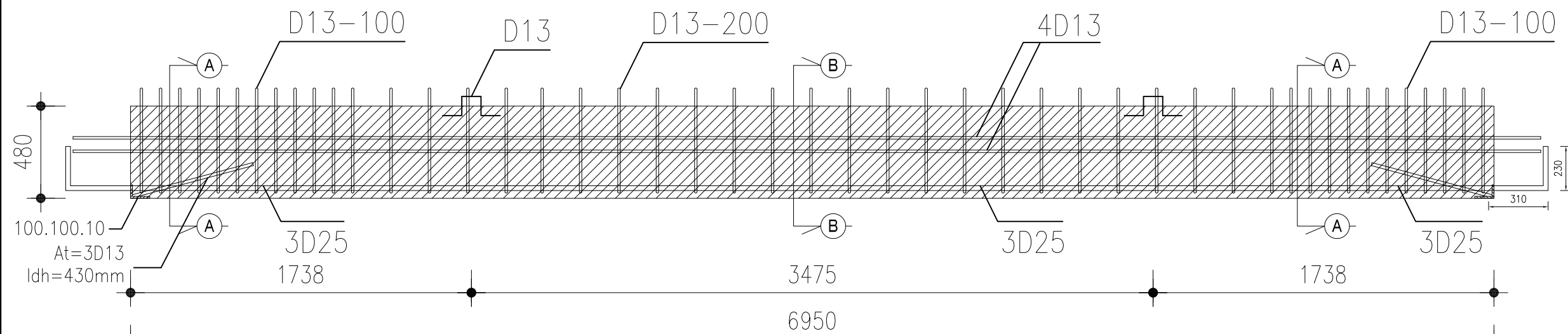
TABEL BALOK INDUK PRECAST						
TIPE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH (bh)
BI-1	50	4850	300	330	1.15	47
BI-2	50	6950	400	480	3.20	140
BI-3	50	3550	300	330	0.85	94



Potongan A-A Setelah Komposit
SKALA ~ 1: 25

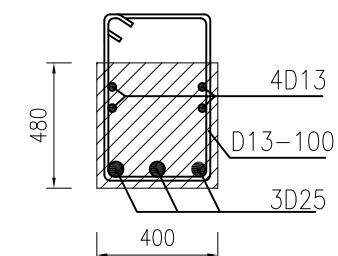


Potongan B-B Setelah Komposit
SKALA ~ 1: 25

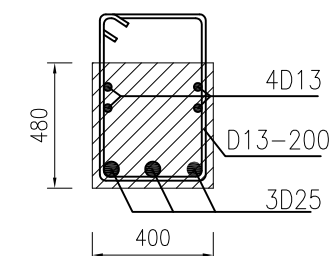


Penulangan Sebelum Komposit Balok Induk BI-2

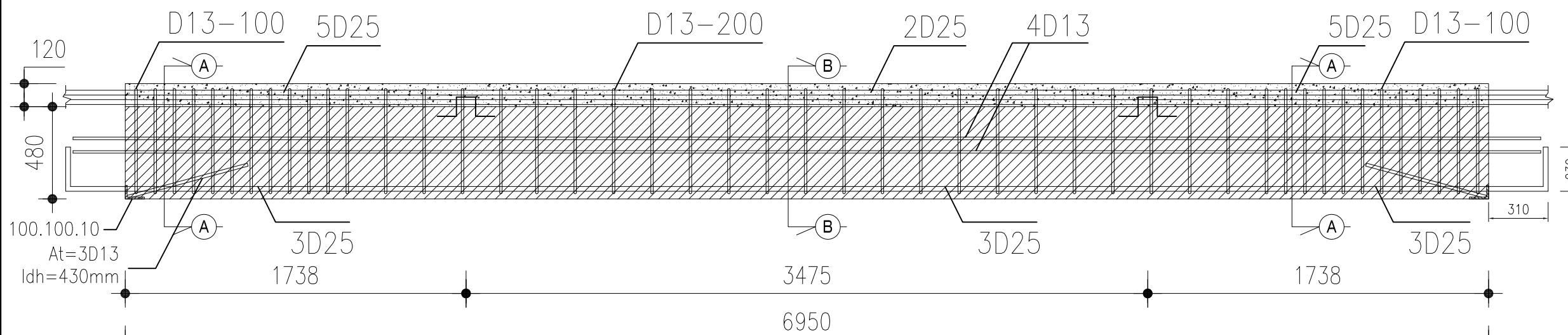
SKALA ~ 1: 25



Potongan A-A Sebelum Komposit
SKALA ~ 1: 25



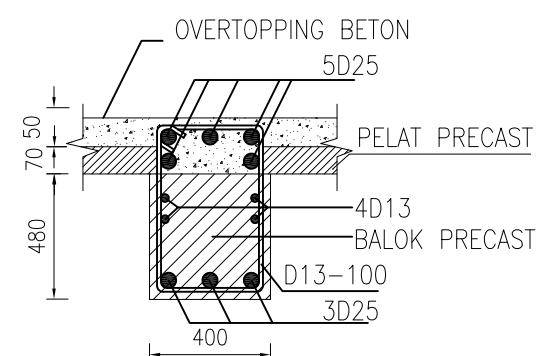
Potongan B-B Sebelum Komposit
SKALA ~ 1: 25



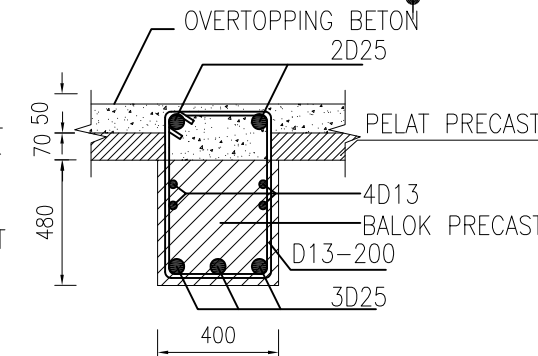
Penulangan Sesudah Komposit Balok Induk BI-2

SKALA ~ 1: 25

TABEL BALOK INDUK PRECAST						
TIPE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH (bh)
BI-1	50	4850	300	330	1.15	47
BI-2	50	6950	400	480	3.20	140
BI-3	50	3550	300	330	0.85	94



Potongan A-A Setelah Komposit
SKALA ~ 1: 25



Potongan B-B Setelah Komposit
SKALA ~ 1: 25

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK BI-3

SKALA GAMBAR

SKALA 1 : 25

KETERANGAN

Mutu Bahan :

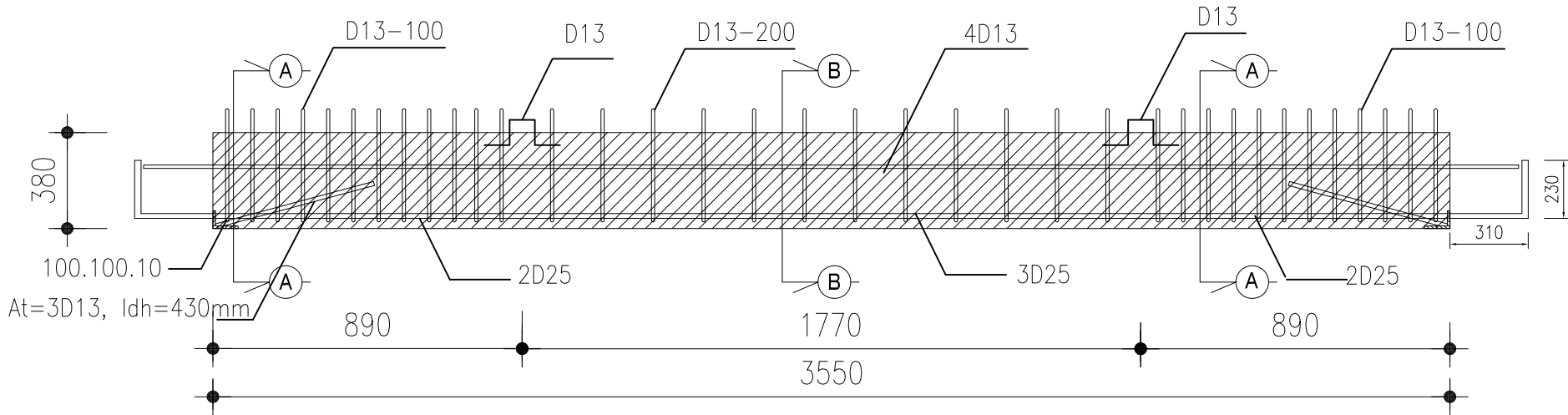
- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR

NO.GAMBAR

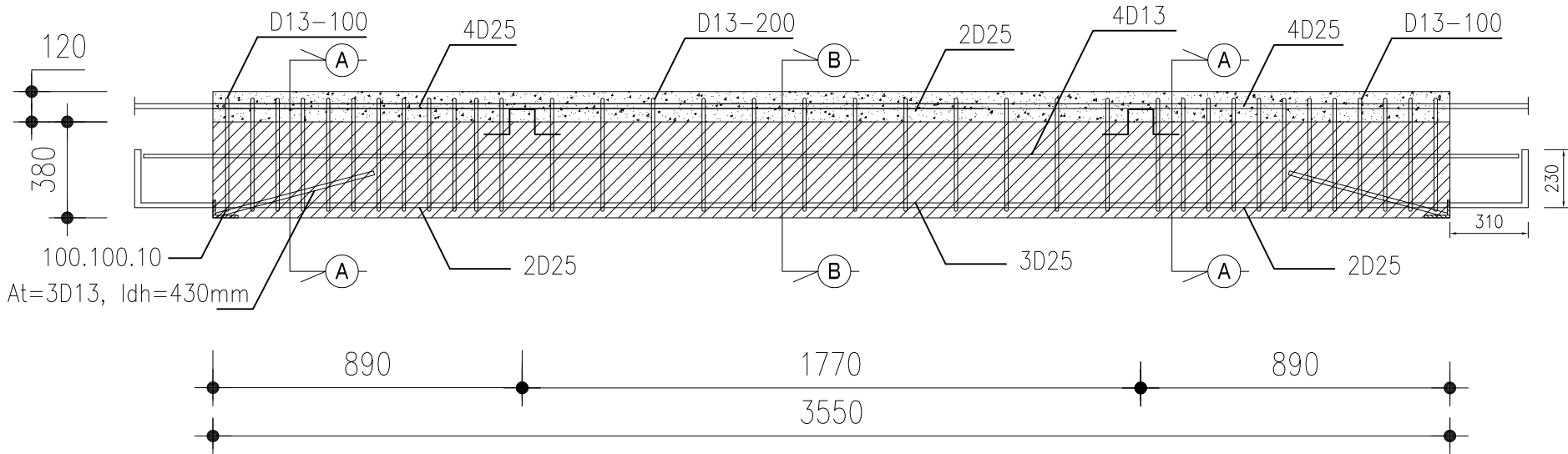
STR - 15

25



Penulangan Sebelum Komposit Balok Induk BI-3

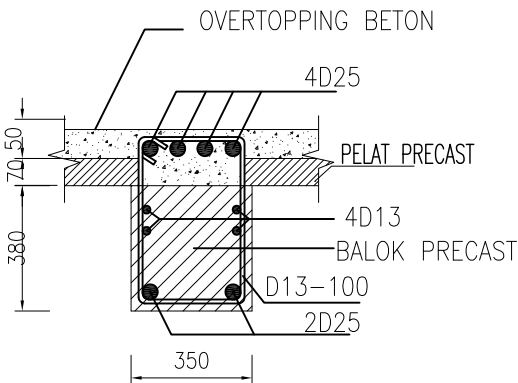
SKALA ~ 1: 25



Penulangan Sesudah Komposit Balok Induk BI-3

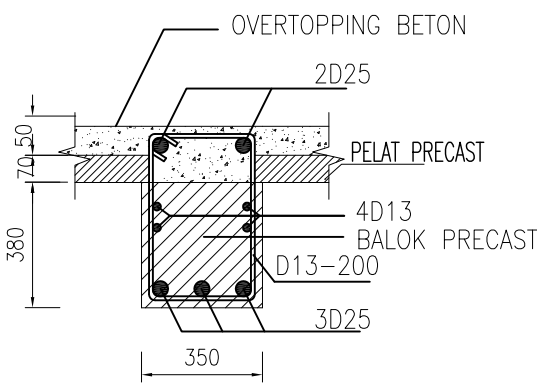
SKALA ~ 1: 25

TABEL BALOK INDUK PRECAST						
TIPE BALOK INDUK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH (bh)
BI-1	50	4850	300	330	1.15	47
BI-2	50	6950	400	480	3.20	140
BI-3	50	3550	300	330	0.85	94



Potongan A-A Setelah Komposit

SKALA ~ 1: 25



Potongan B-B Setelah Komposit

SKALA ~ 1: 25

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK BA-1

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1 : 25

KETERANGAN

Mutu Bahan :

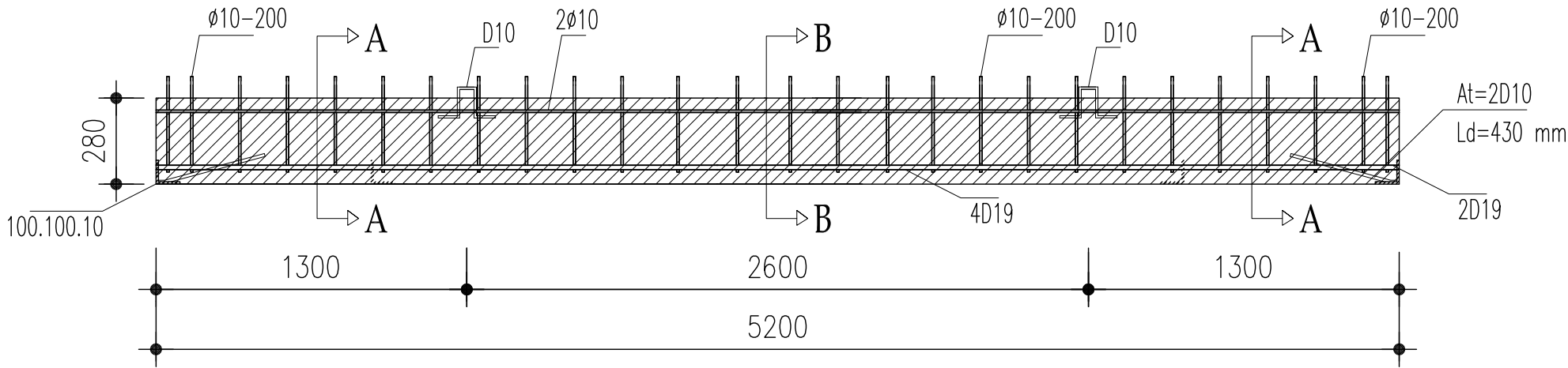
- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR

NO.GAMBAR

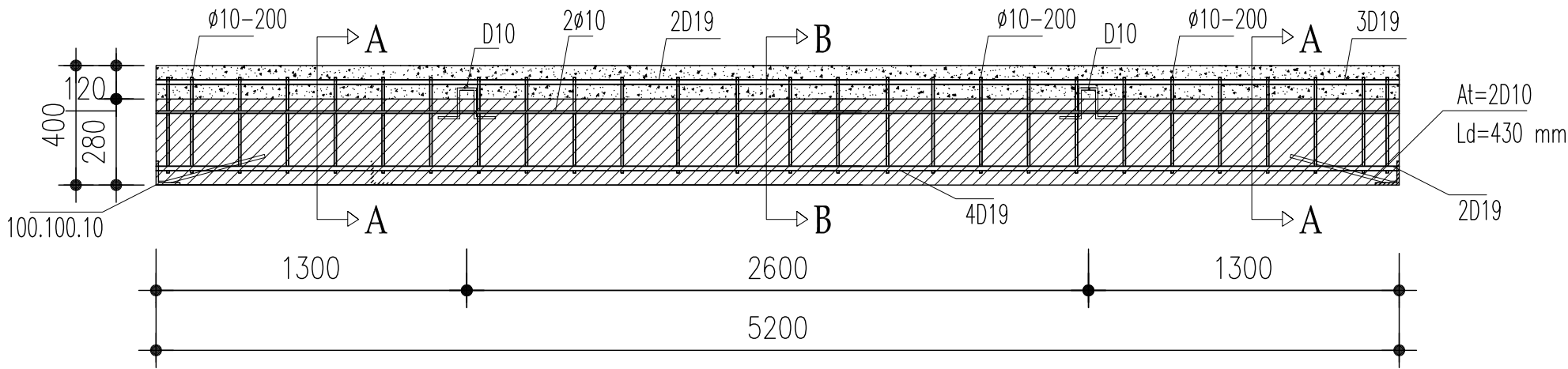
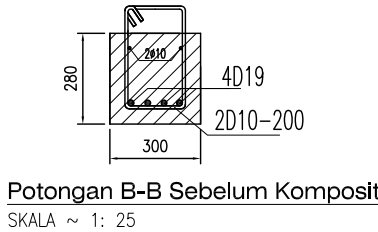
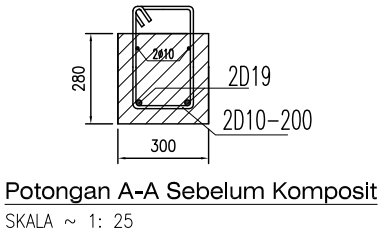
STR - 16

26



Penulangan Sebelum Komposit Balok Anak BA-1

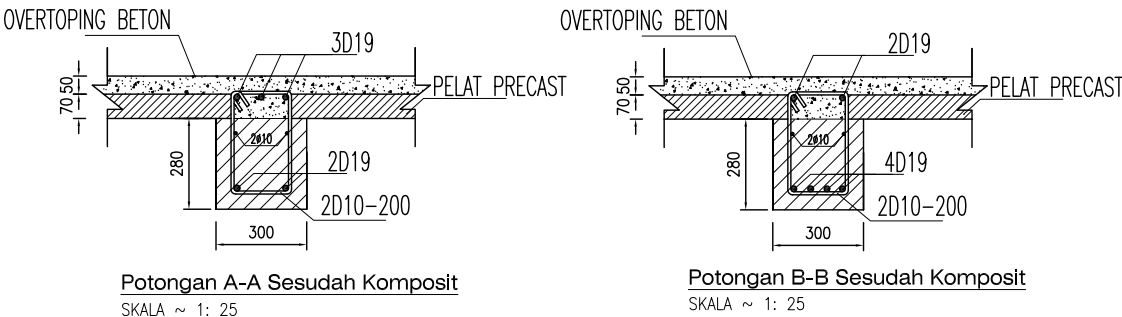
SKALA ~ 1: 25



Penulangan Sesudah Komposit Balok Anak BA-1

SKALA ~ 1: 25

TABEL BALOK ANAK PRECAST						
TIPE BALOK ANAK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH (bh)
BA-1	50	5200	300	280	1.05	93
BA-2	50	3900	300	280	0.79	194
BA-3	50	3260	300	280	0.66	24



Potongan B-B Sesudah Komposit

SKALA ~ 1: 25

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK BA-2

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1 : 25

KETERANGAN

Mutu Bahan :

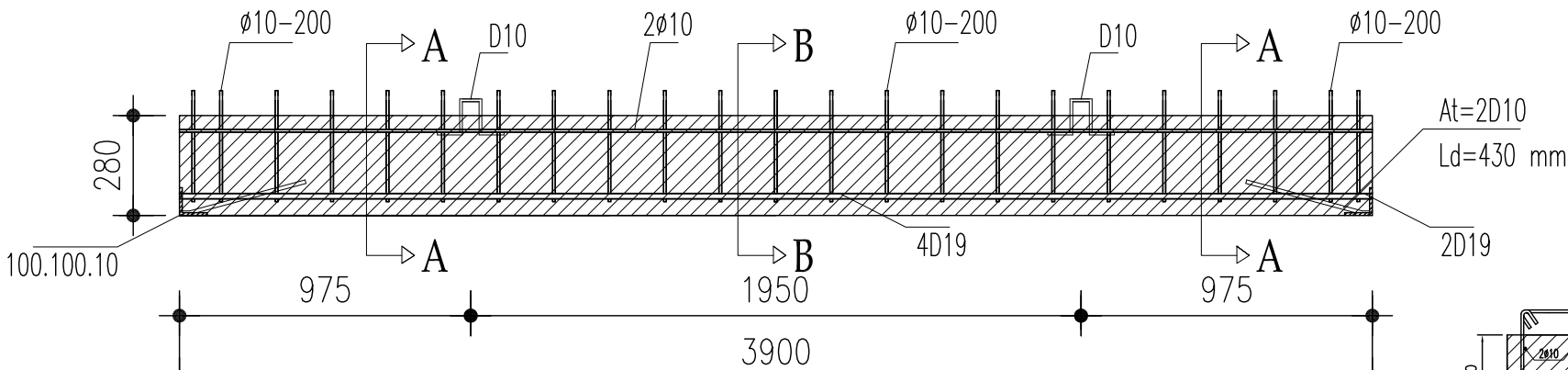
- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR

NO.GAMBAR

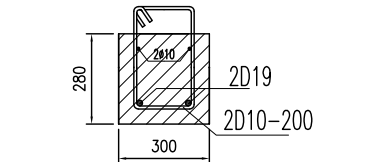
STR - 17

27



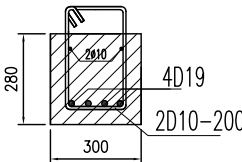
Penulangan Sebelum Komposit Balok Anak BA-2

SKALA ~ 1: 25



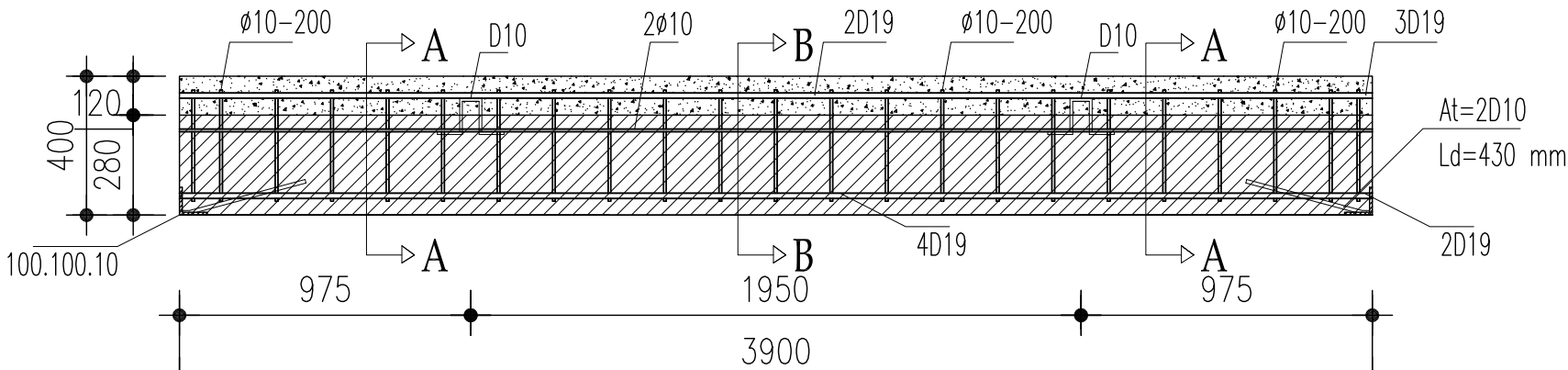
Potongan A-A Sebelum Komposit

SKALA ~ 1: 25



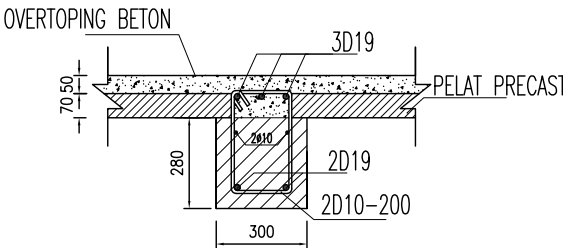
Potongan B-B Sebelum Komposit

SKALA ~ 1: 25



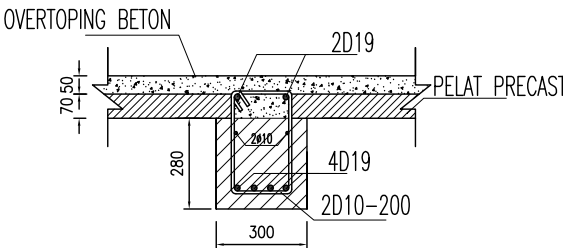
Penulangan Sesudah Komposit Balok Anak BA-2

SKALA ~ 1: 25



Potongan A-A Sesudah Komposit

SKALA ~ 1: 25



Potongan B-B Sesudah Komposit

SKALA ~ 1: 25

TABEL BALOK ANAK PRECAST						
TIPE BALOK ANAK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH (bh)
BA-1	50	5200	300	280	1.05	93
BA-2	50	3900	300	280	0.79	194
BA-3	50	3260	300	280	0.66	24

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK BA-3

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1 : 25

KETERANGAN

Mutu Bahan :

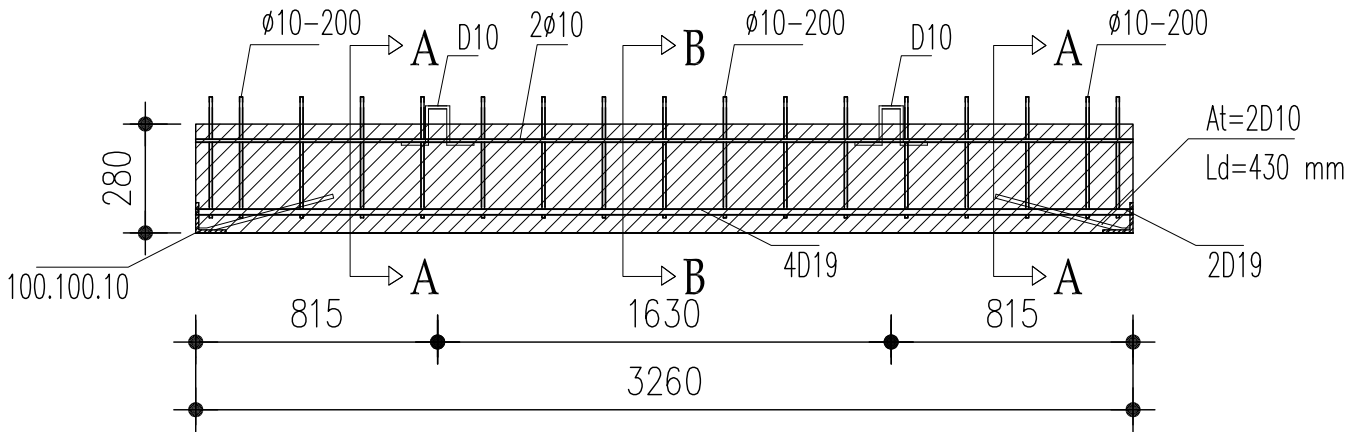
- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR

NO.GAMBAR

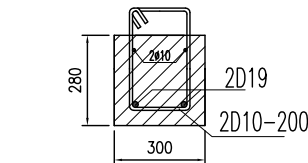
STR - 18

28



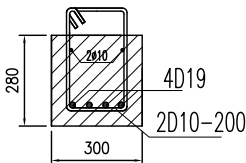
Penulangan Sebelum Komposit Balok Anak BA-3

SKALA ~ 1: 25



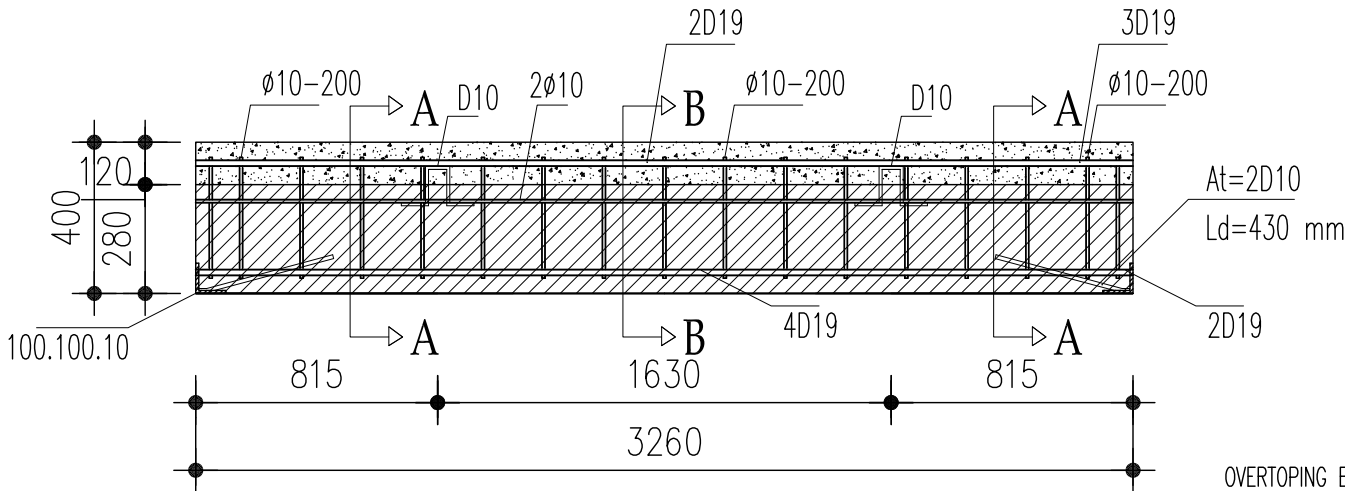
Potongan A-A Sebelum Komposit

SKALA ~ 1: 25



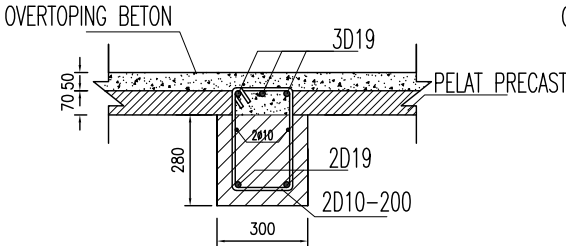
Potongan B-B Sebelum Komposit

SKALA ~ 1: 25



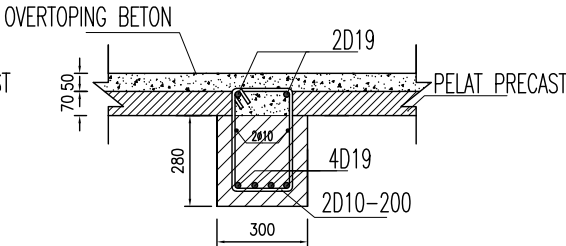
Penulangan Sesudah Komposit Balok Anak BA-3

SKALA ~ 1: 25



Potongan A-A Sesudah Komposit

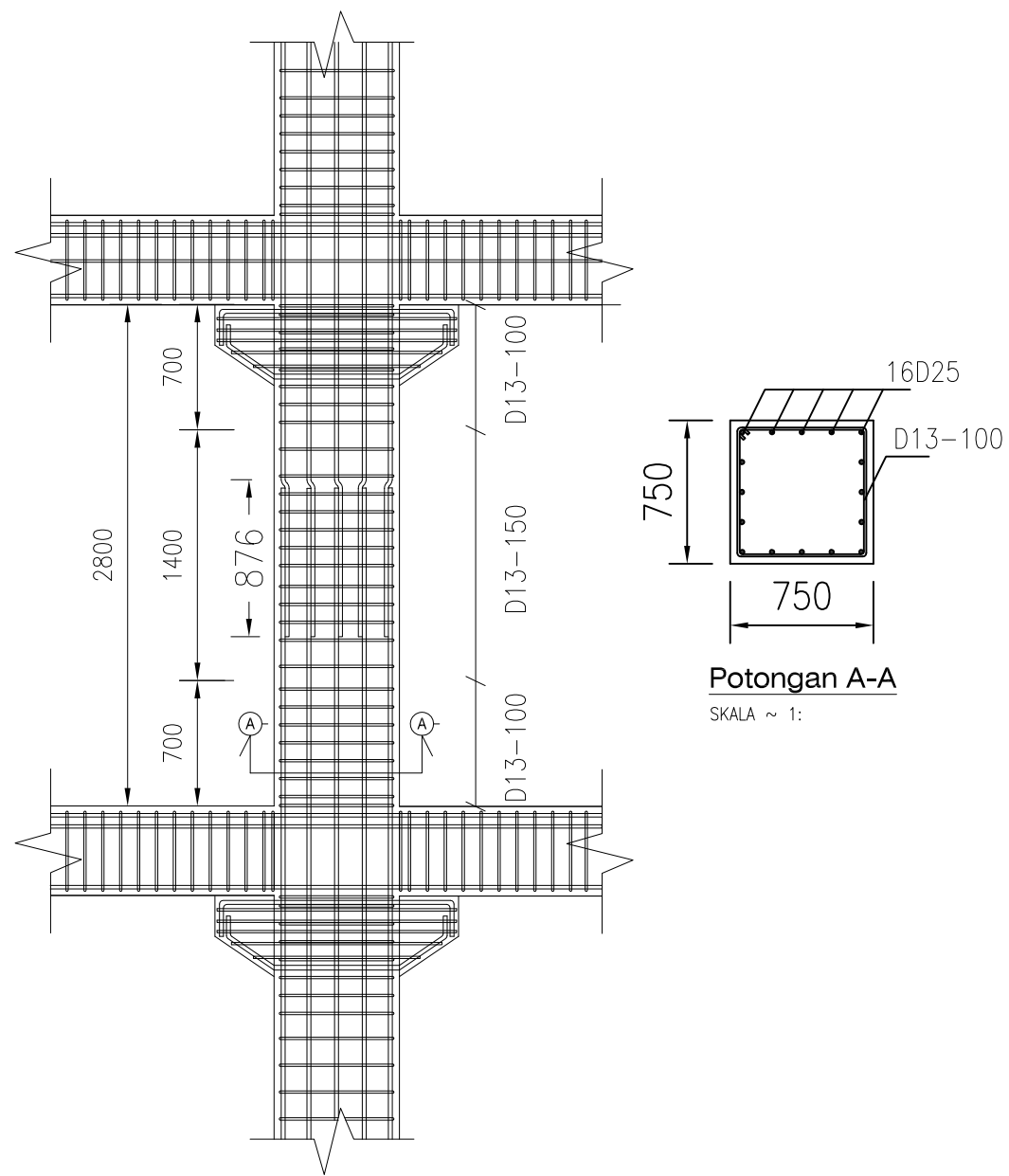
SKALA ~ 1: 25



Potongan B-B Sesudah Komposit

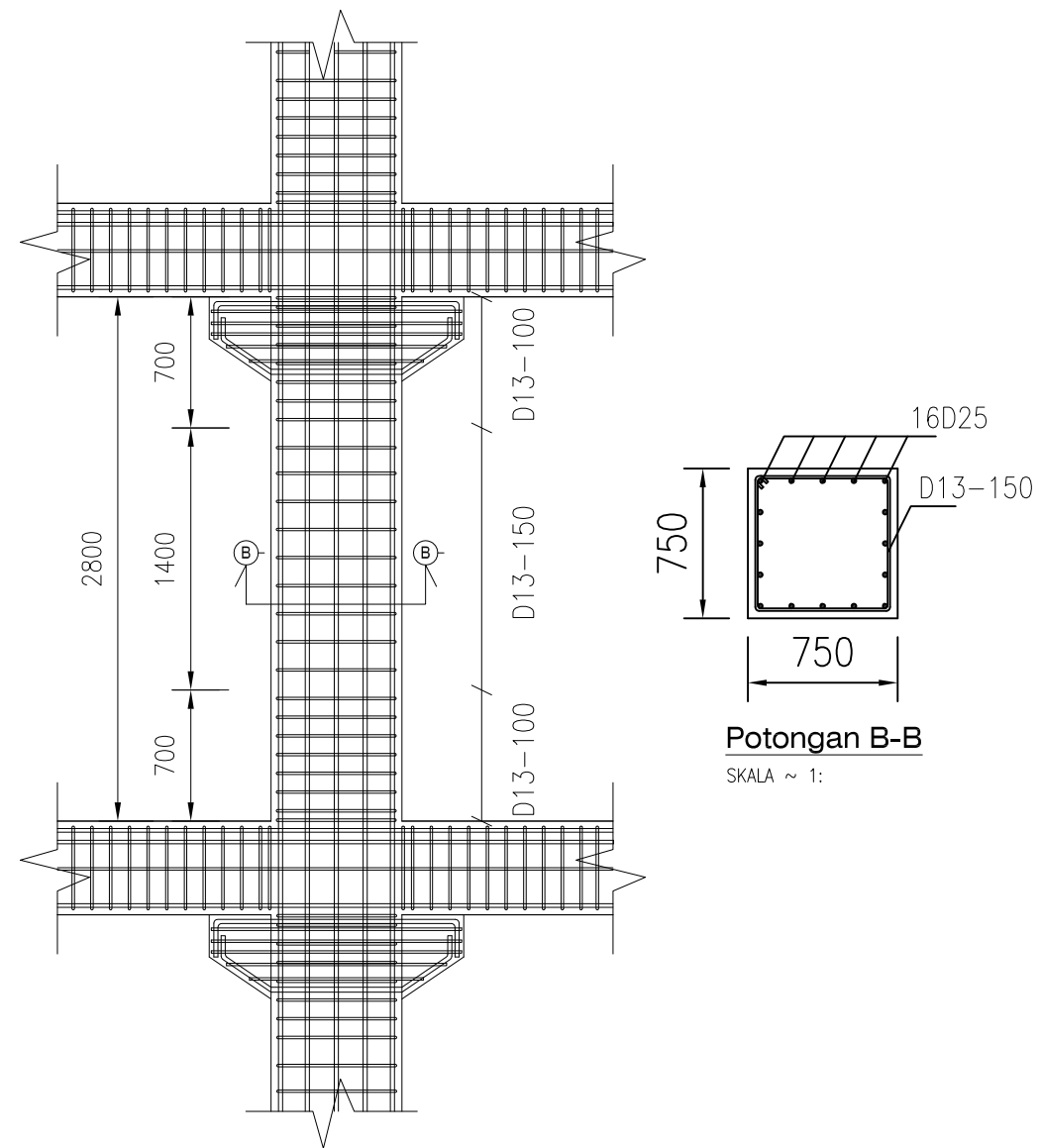
SKALA ~ 1: 25

TABEL BALOK ANAK PRECAST						
TIPE BALOK ANAK	ts(mm)	Ln(mm)	b(mm)	h(mm)	BERAT (TON)	JUMLAH (bh)
BA-1	50	5200	300	280	1.05	93
BA-2	50	3900	300	280	0.79	194
BA-3	50	3260	300	280	0.66	24



Detail Panjang Sambungan Penulangan Kolom

SKALA ~ 1: 50



Detail Penulangan Kolom

SKALA ~ 1: 50

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PANJANG SAMBUNGAN
PENULANGAN KOLOM

DETAIL PENULANGAN KOLOM

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1 : 50

KETERANGAN

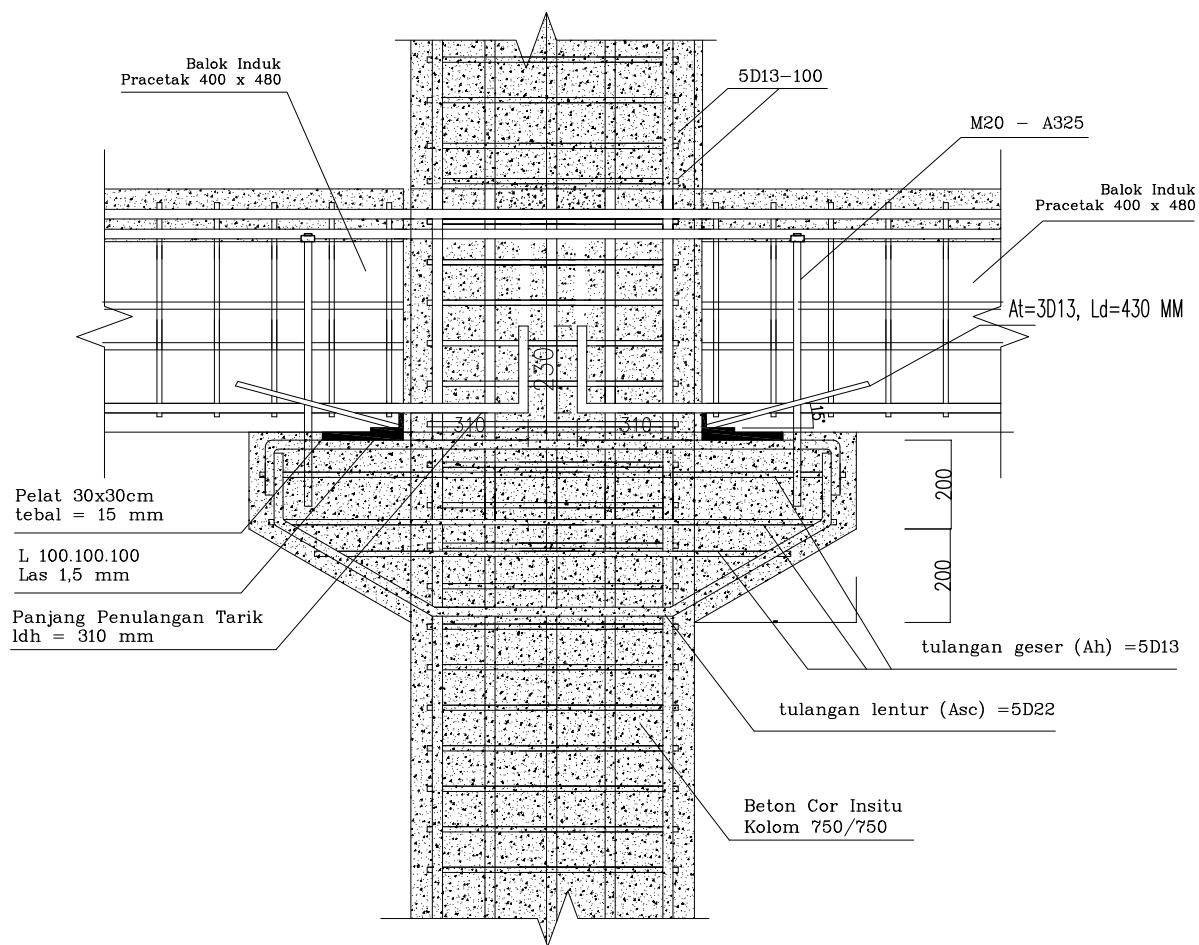
Mutu Bahan :

- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

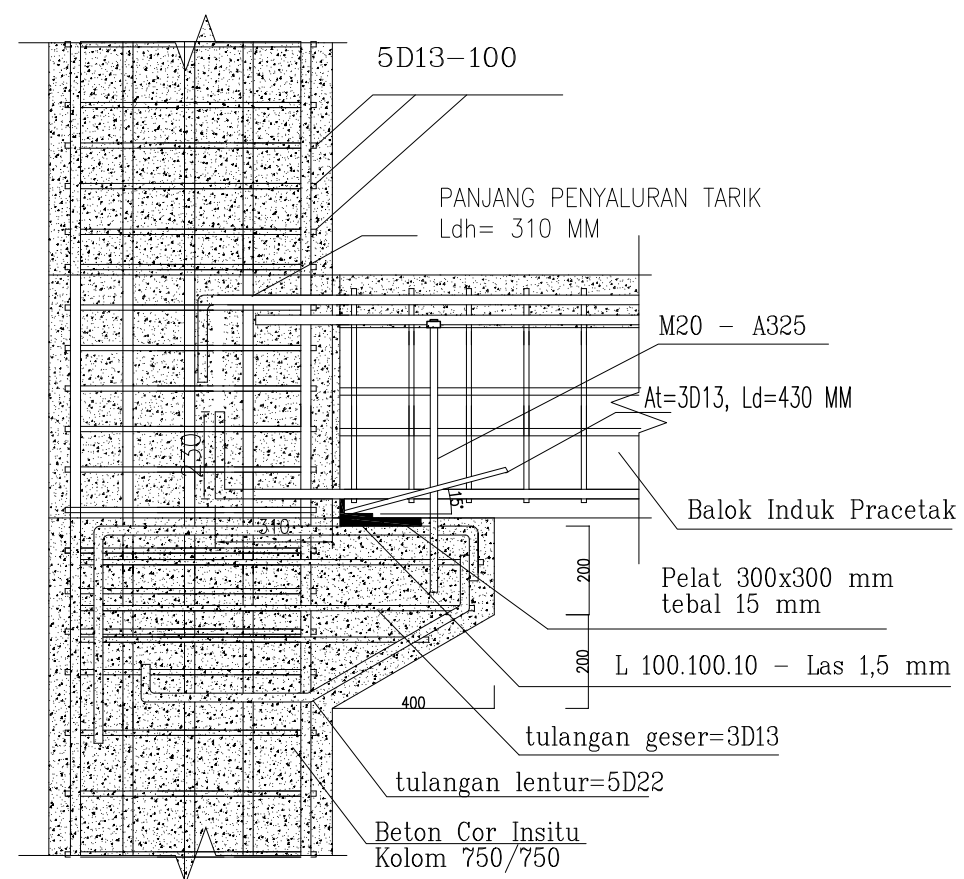
KODE GAMBAR NO.GAMBAR

STR - 19


29



SAMBUNGAN BALOK - KOLOM INTERIOR
SKALA ~ 1 : 20



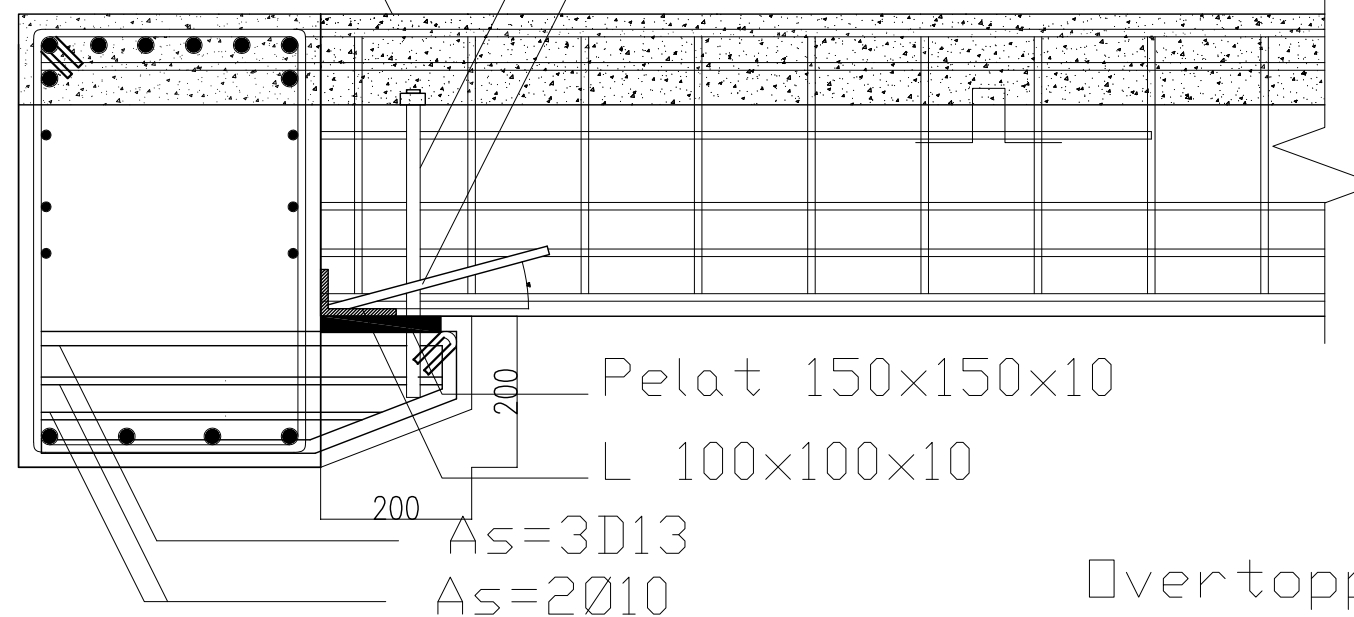
SAMBUNGAN BALOK - KOLOM EKSTERIOR
SKALA ~ 1 : 20

	
TUGAS AKHIR TERAPAN PROGRAM STUDI LANJUT JENJANG DIV TEKNIK SIPIL FAK. VOKASI ITS	
TUGAS AKHIR TERAPAN Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru Menggunakan Beton Pracetak	
MAHASISWA Achmad Chabibi (10111715000038)	
DOSEN PEMBIMBING I Prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan, M.EngSc.PhD NIP : 19630726 198903 1 003 Yuyun Tajunnisa ST. MT NIP : 19780201 200604 2 002	
NAMA GAMBAR SAMBUNGAN BALOK-KOLOM	
SKALA GAMBAR SKALA ~ 1 : 20	
KETERANGAN Mutu Bahan : 1. Mutu Baja - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa) - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa) 2. Mutu Beton : - Str. Primer = 35 Mpa - Str. Sekunder = 30 Mpa	
KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
STR - 20	30

Overtopping 50 mm
Cor Insitu

M20 - A325

2D10 $l_d = 430\text{mm}$



Pelat 150x150x10

L 100x100x10

As=3D13

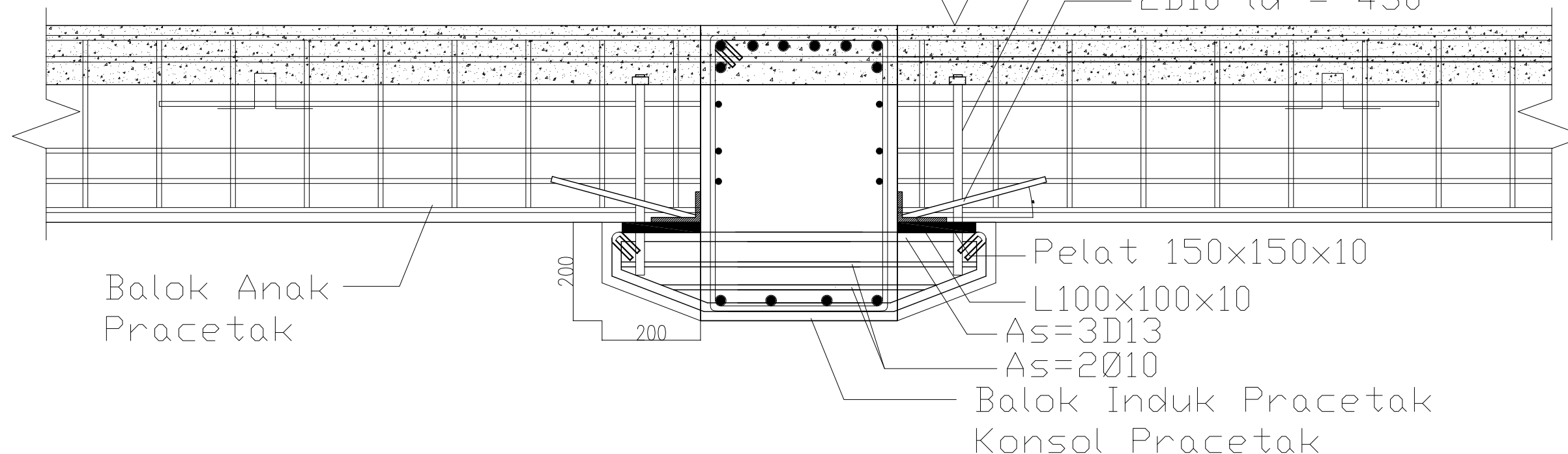
As=2Ø10

Overtopping 50 mm
Cor Insitu

M20 - A325

2D10 $l_d = 430$

SAMBUNGAN BALOK INDUK – BALOK ANAK EKSTERIOR
SKALA ~ 1:10



Balok Anak
Pracetak

Pelat 150x150x10

L100x100x10

As=3D13

As=2Ø10

Balok Induk Pracetak
Konsol Pracetak

SAMBUNGAN BALOK INDUK – BALOK ANAK INTERIOR
SKALA ~ 1:10

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN
BALOK ANAK EKSTERIOR

SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN
BALOK ANAK INTERIOR

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1: 10

KETERANGAN

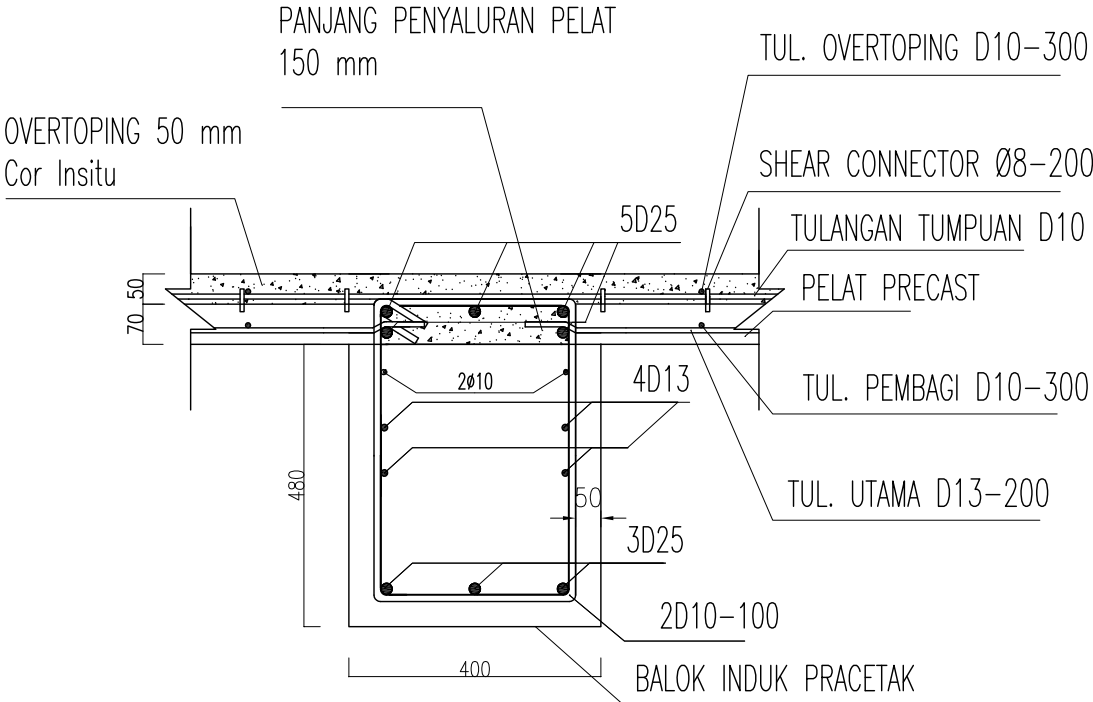
Mutu Bahan :

- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 ($F_y = 400\text{ Mpa}$)
 - Struktural = BJ 41 ($f_y = 240\text{ Mpa}$)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR NO.GAMBAR

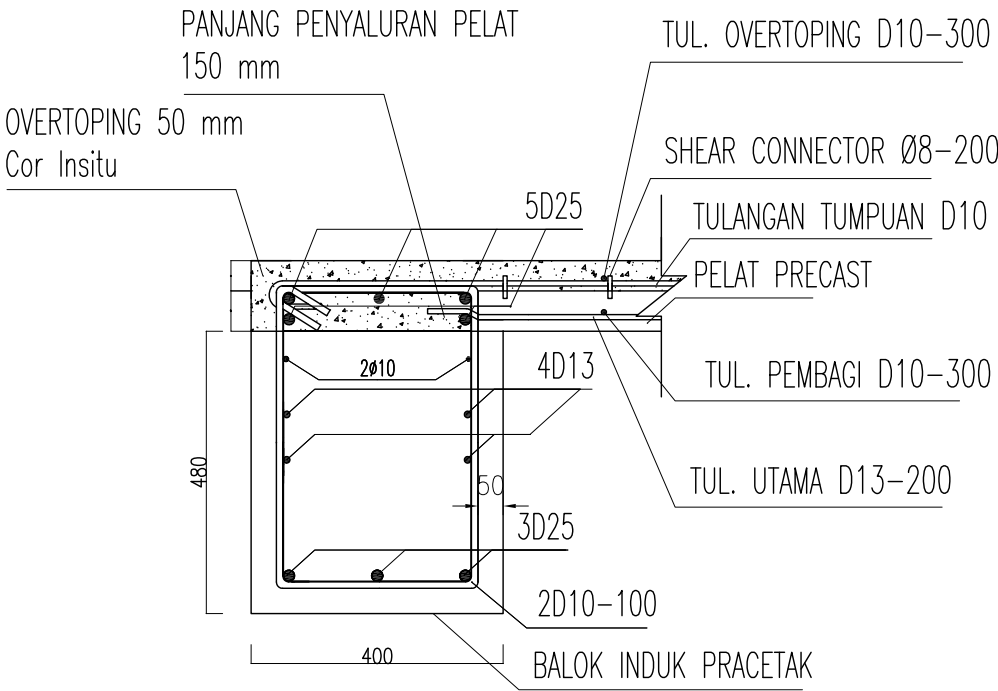
STR - 21

31




SAMBUNGAN BALOK INDUK - PELAT (INTERIOR)

SKALA ~ 1: 15



SAMBUNGAN BALOK INDUK - PELAT (EKSTERIOR)

SKALA ~ 1: 15

<div><div></div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>	
TUGAS AKHIR TERAPAN	
PROGRAM STUDI LANJUT JENJANG DIV TEKNIK SIPIL FAK. VOKASI ITS	
TUGAS AKHIR TERAPAN	
Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru Menggunakan Beton Pracetak	
MAHASISWA	
Achmad Chabibi (10111715000038)	
DOSEN PEMBIMBING I	
Prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan, M.EngSc.PhD NIP : 19630726 198903 1 003 Yuyun Tajunnisa ST. MT NIP : 19780201 200604 2 002	
NAMA GAMBAR	
SAMBUNGAN BALOK INDUK-PELAT (INTERIOR)	
SAMBUNGAN BALOK INDUK-PELAT (EKSTERIOR)	
SKALA GAMBAR	
SKALA ~ 1 : 15	
KETERANGAN	
Mutu Bahan : 1. Mutu Baja - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa) - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa) 2. Mutu Beton : - Str. Primer = 35 Mpa - Str. Sekunder = 30 Mpa	
KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
STR - 22	32

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK-KOLOM
EKSTERIOR

SKALA GAMBAR

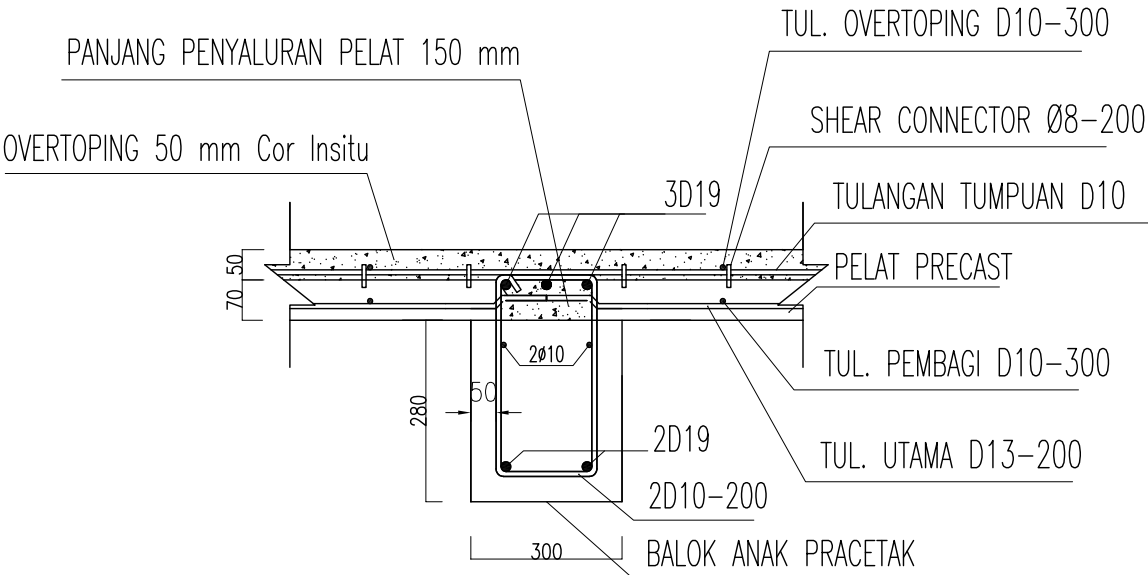
SKALA ~ 1 : 15

KETERANGAN

- Mutu Bahan :
- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
 - Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

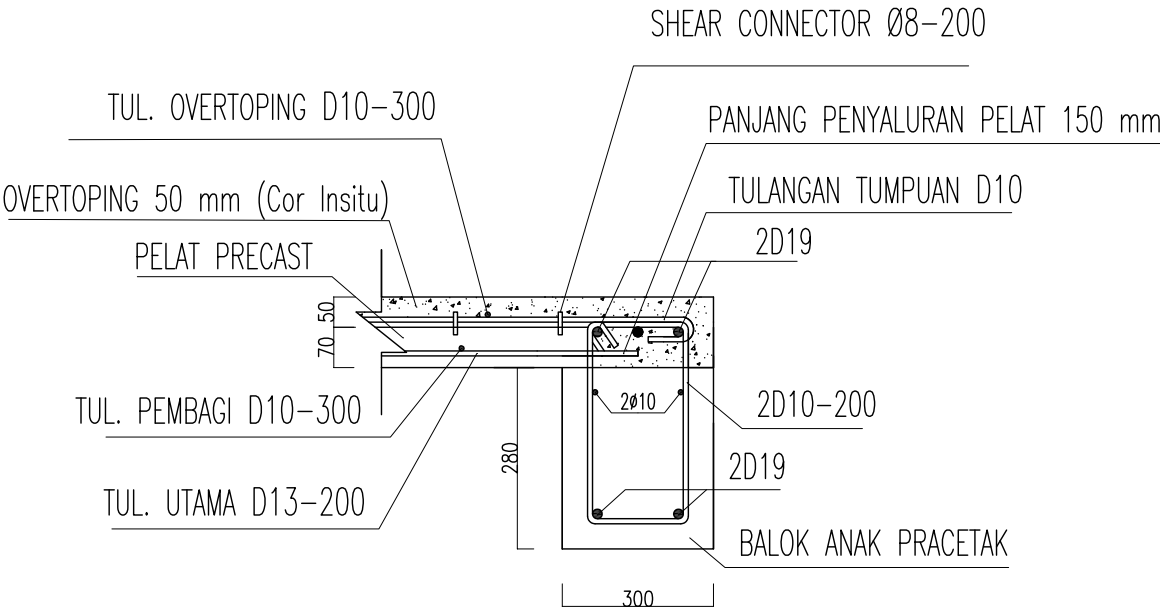
KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
-------------	-----------

STR - 23	33
----------	----



SAMBUNGAN BALOK ANAK - PELAT (INTERIOR)

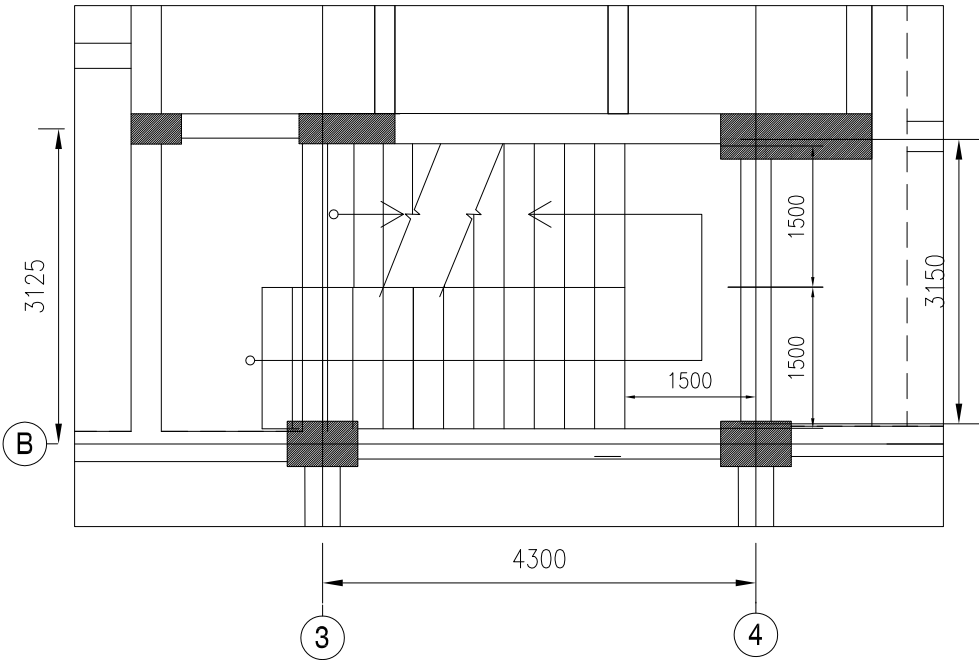
SKALA ~ 1: 15



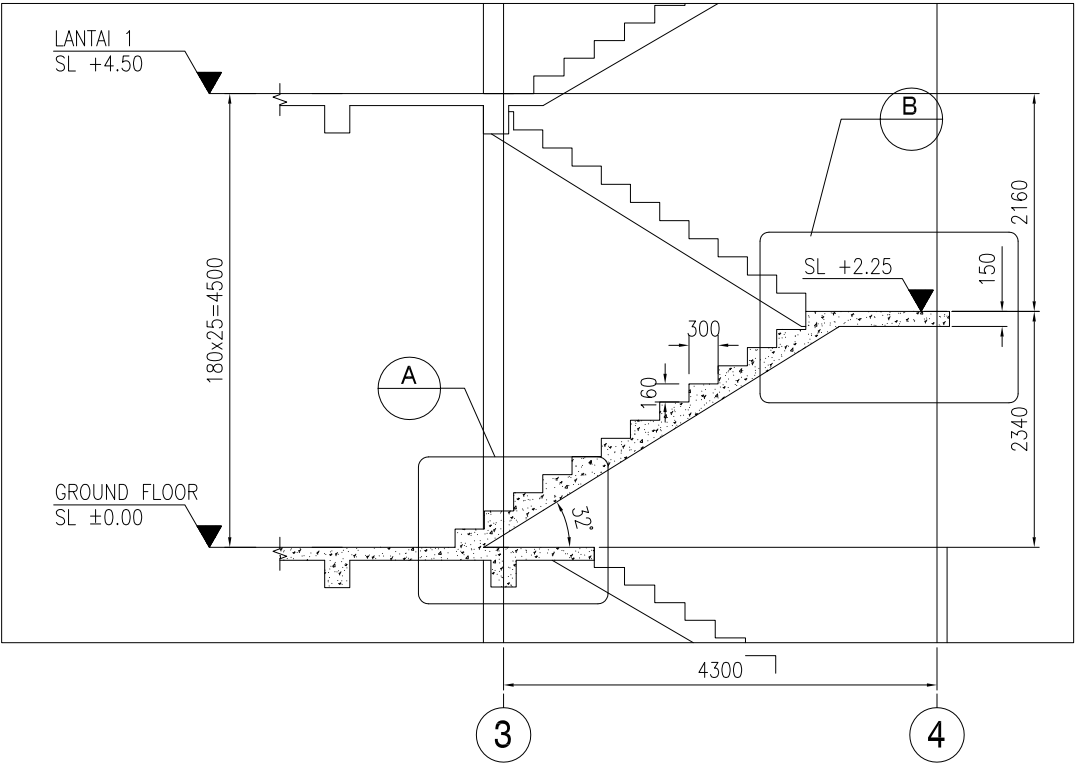
SAMBUNGAN BALOK ANAK - PELAT (EKSTERIOR)

SKALA ~ 1: 15

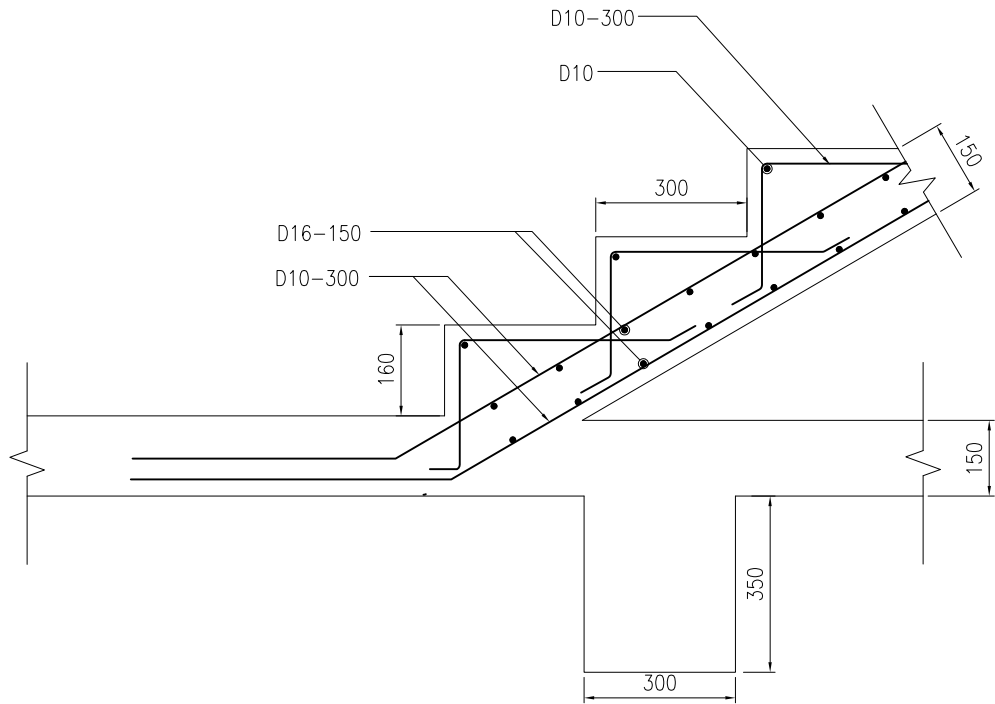
- Mutu Bahan :
- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
 - Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)
 - Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa



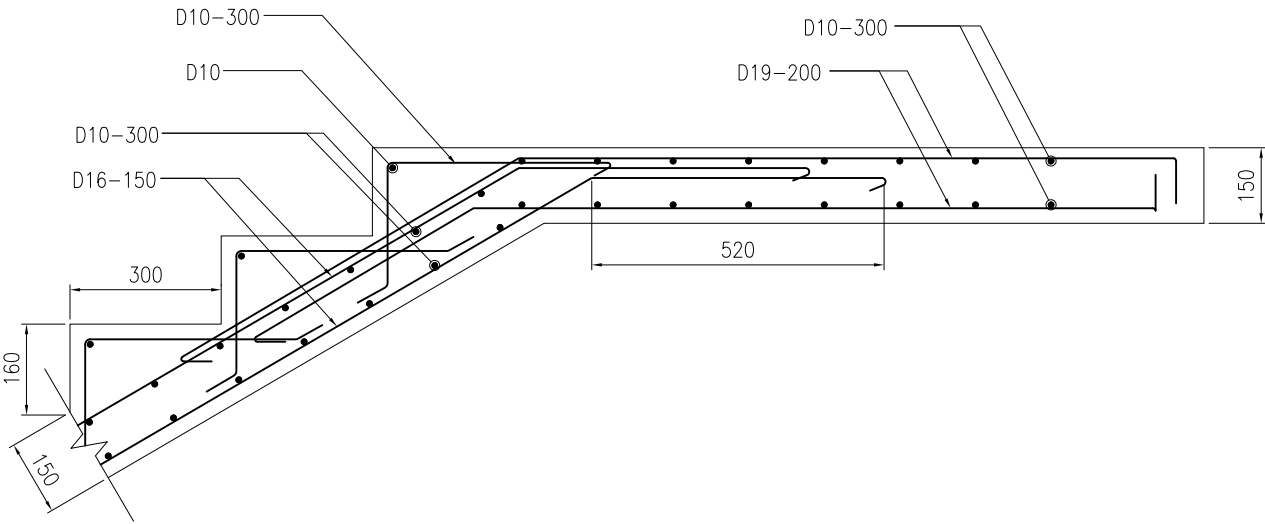
DENAH TANGGA LT. GROUND
SKALA ~ 1:75



POTONGAN TANGGA LT.GROUND
SKALA ~ 1:75



DETAIL A
SKALA ~ 1:75



DETAIL B
SKALA ~ 1:75

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan
Metode Pelaksanaan Gedung
Hotel Pesonna Pekanbaru
Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit
Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

DENAH BALOK LIF

POTONGAN BALOK LIF

SKALA GAMBAR

SKALA 1: 75

KETERANGAN

Mutu Bahan :

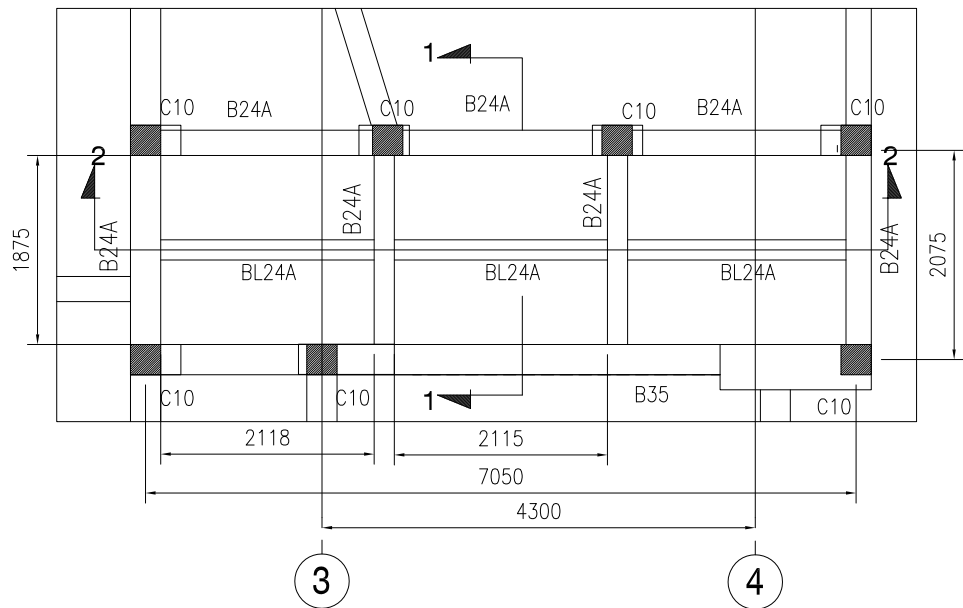
- Mutu Baja
 - Tulangan = BJTD 40 ($F_y = 400$ Mpa)
 - Struktural = BJ 41 ($f_y = 240$ Mpa)
- Mutu Beton :
 - Str. Primer = 35 Mpa
 - Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR

NO.GAMBAR

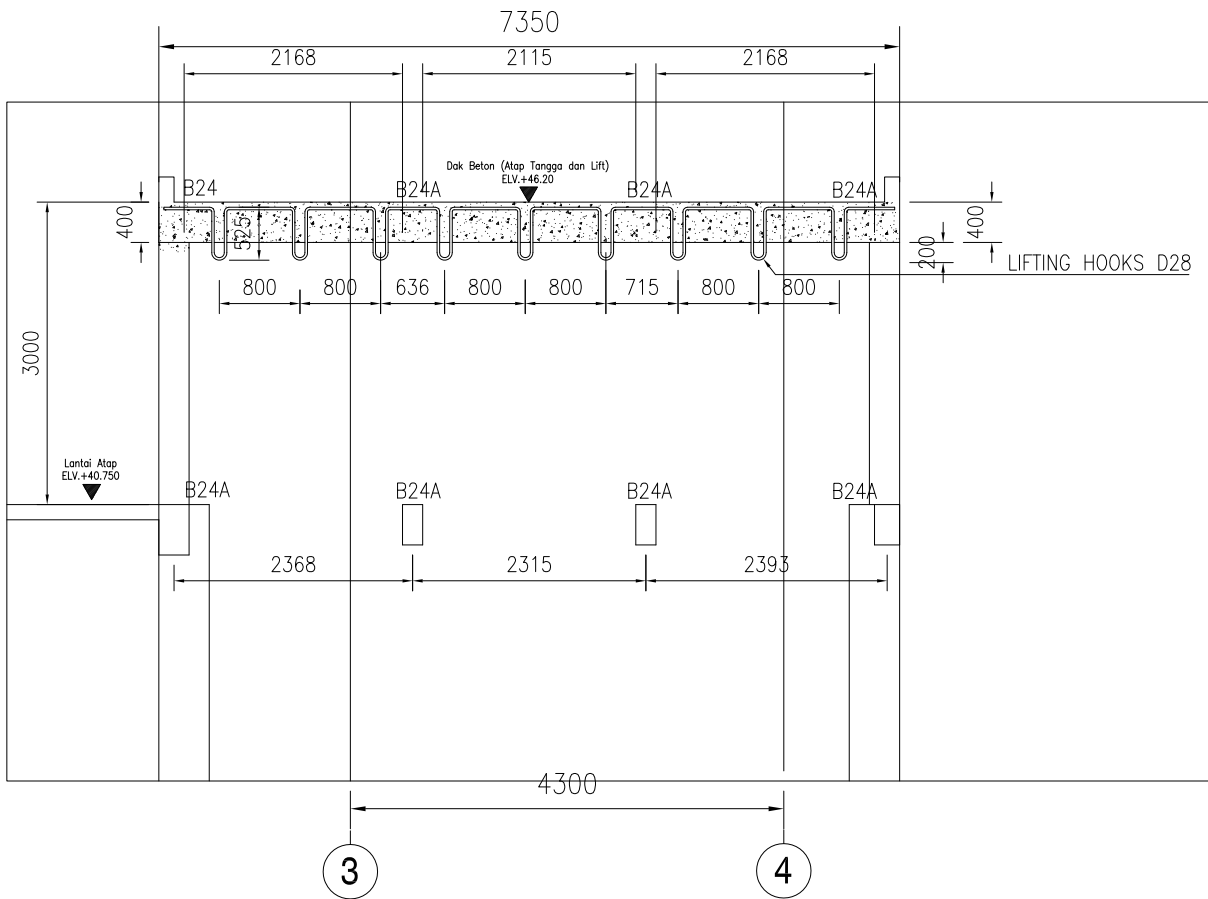
STR - 25

35



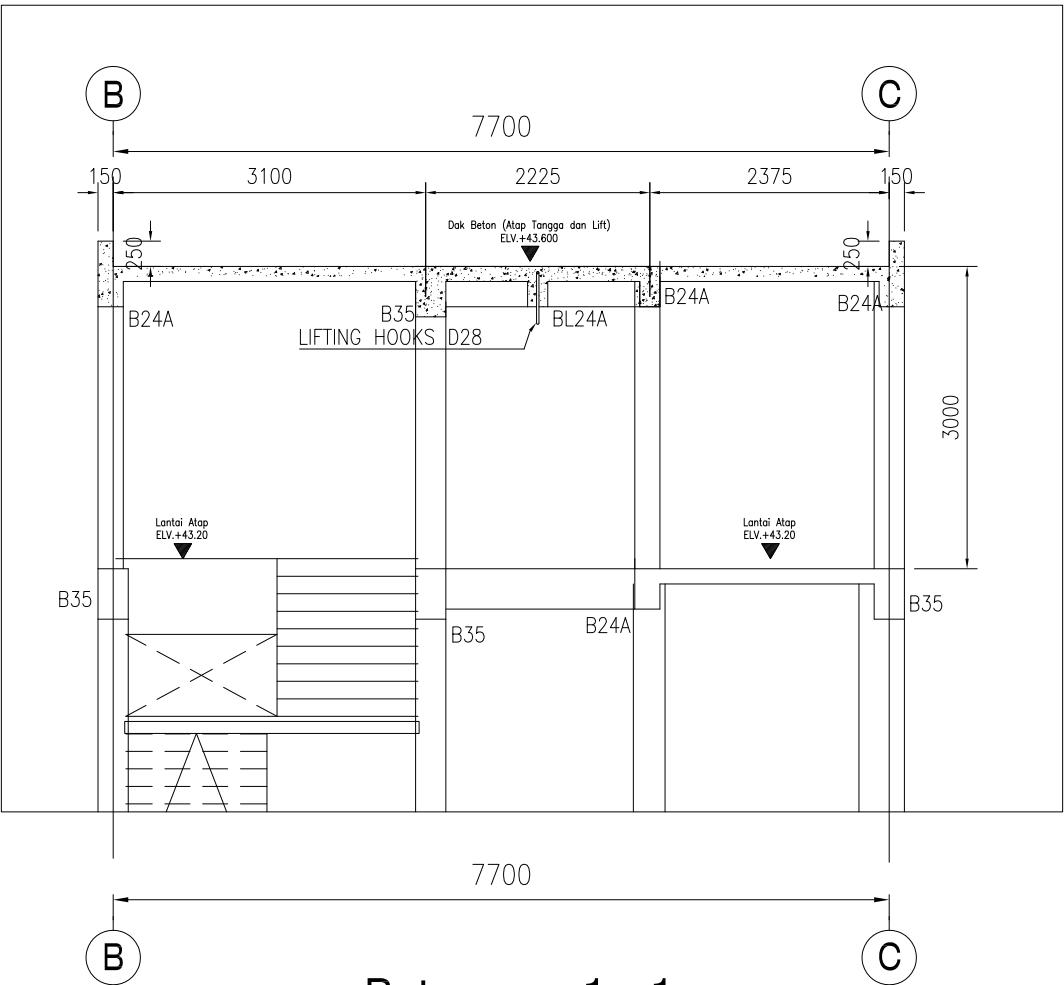
DENAH BALOK LIFT (LP)

SKALA ~ 1:75



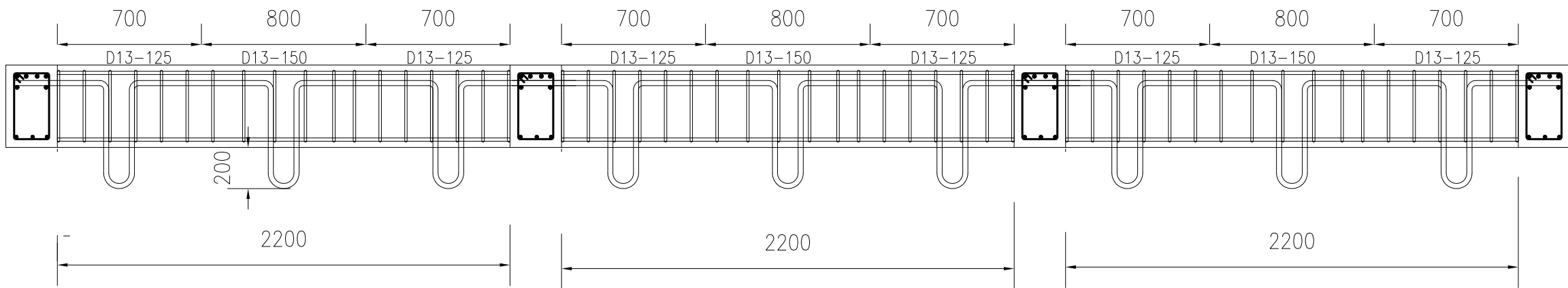
Potongan 2 - 2

SKALA ~ 1:75



Potongan 1 - 1

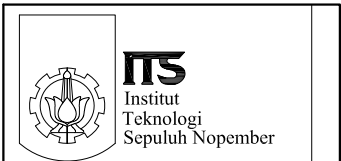
SKALA ~ 1:75



TYPE BALOK	BALOK LIFT PERSON BL24A (250/400)	TYPE BALOK	BALOK LIFT PERSON BL24A (250/400)	TYPE BALOK	BALOK LIFT PERSON BL24A (250/400)
TUMPUAN KIRI		LAPANGAN		TUMPUAN KANAN	
Tul. Atas	4 D16	Tul. Atas	3 D16	Tul. Atas	4 D16
Tul. Bawah	3 D16	Tul. Bawah	4 D16	Tul. Bawah	3 D16
Tul. Sengkang	D13-125	Tul. Sengkang	D13-150	Tul. Sengkang	D13-125

PENULANGAN BALOK LIFT

SKALA ~ 1:25



ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI LANJUT
JENJANG DIV TEKNIK SIPIL
FAK. VOKASI ITS

TUGAS AKHIR TERAPAN

Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru Menggunakan Beton Pracetak

MAHASISWA

Achmad Chabibi
(10111715000038)

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan, M.EngSc.PhD
NIP : 19630726 198903 1 003

Yuyun Tajunnisa ST. MT
NIP : 19780201 200604 2 002

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK LIFT

SKALA GAMBAR

SKALA ~ 1:25

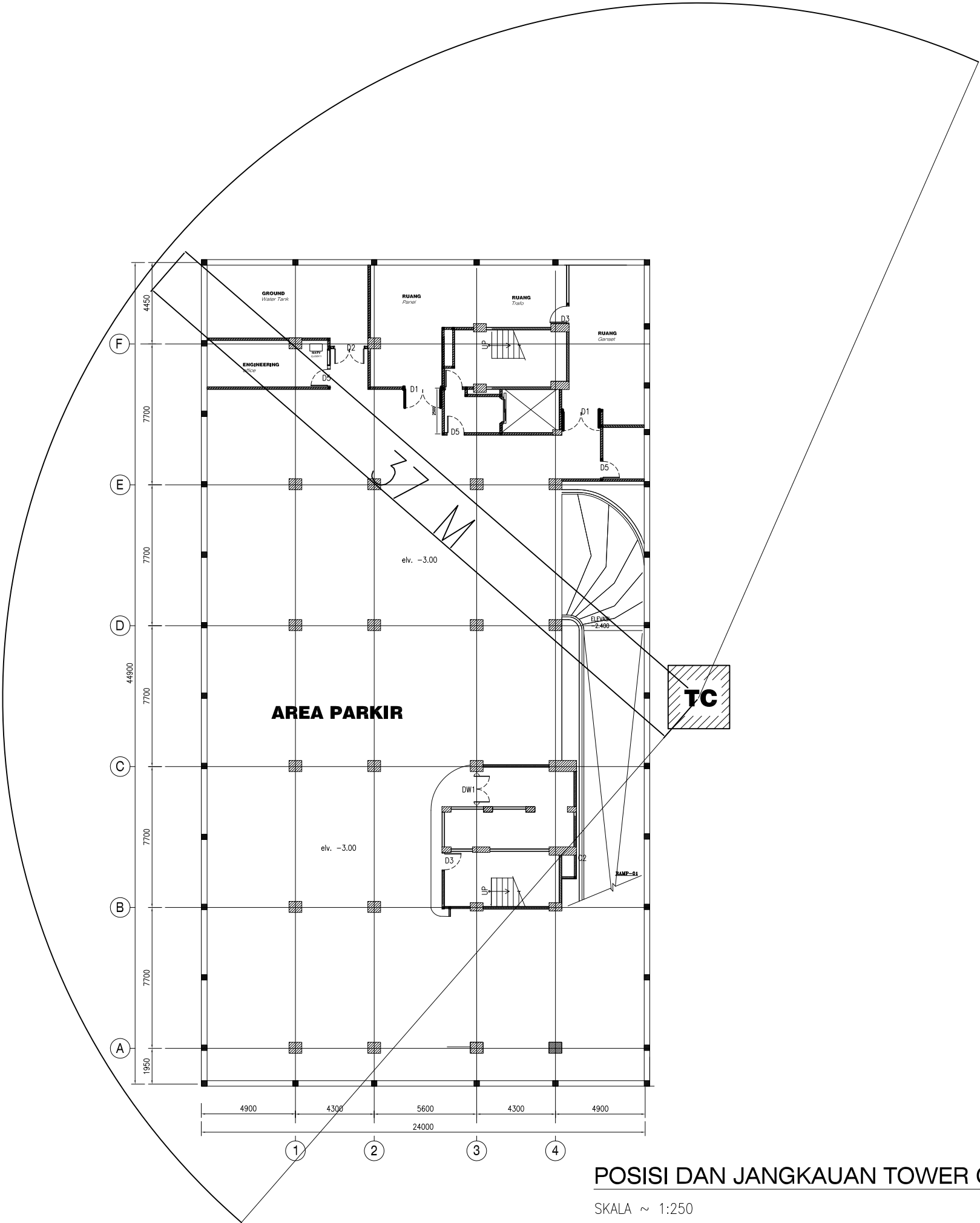
KETERANGAN

Mutu Bahan :

1. Mutu Baja
- Tulangan = BJTD 40 (Fy = 400 Mpa)
- Struktural = BJ 41 (fy = 240 Mpa)

2. Mutu Beton :
- Str. Primer = 35 Mpa
- Str. Sekunder = 30 Mpa

KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
STR - 26	36




POSISI DAN JANGKAUAN TOWER CRANE

SKALA ~ 1:250

TENGDA TOWER CRANE TC6018

R	a	R (max) m	C (max) t	18	24	30	36	42	48	54	60
60	4	13.33	10.00	7.08	5.05	3.86	3.08	2.52	2.11	1.79	1.53
	2	24.49	5.00	5.00	5.00	3.93	3.15	2.59	2.18	1.86	1.60
54	4	14.05	10.00	7.53	5.38	4.12	3.29	2.71	2.27	1.93	
	2	25.85	5.00	5.00	5.00	4.19	3.36	2.78	2.34	2.00	
48	4	14.75	10.00	7.97	5.71	4.38	3.51	2.90	2.43		
	2	27.20	5.00	5.00	5.00	4.45	3.58	2.97	2.50		

<div><div></div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>	
TUGAS AKHIR TERAPAN	
PROGRAM STUDI LANJUT JENJANG DIV TEKNIK SIPIL FAK. VOKASI ITS	
TUGAS AKHIR TERAPAN	
Modifikasi Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru Menggunakan Beton Pracetak	
MAHASISWA	
Achmad Chabibi (10111715000038)	
DOSEN PEMBIMBING I	
Prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan, M.EngSc,PhD NIP : 19630726 198903 1 003 Yyun Tajunisa ST. MT NIP : 19780201 200604 2 002	
NAMA GAMBAR	
POTONGAN B-B POTONGAN C-C	
SKALA GAMBAR	
SKALA ~ 1:200	
KETERANGAN	
Mutu Bahan : 1. Mutu Baja - Tulangan = BTD 40 (fy = 400 Mpa) - Struktural = B3 41 (fy = 240 Mpa) 2. Mutu Beton : - Str. Primer = 35 Mpa - Str. Sekunder = 30 Mpa	
KODE GAMBAR	NO.GAMBAR
STR - 27	37